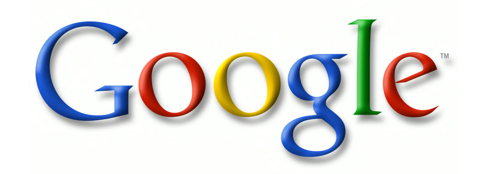
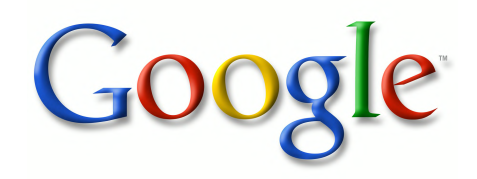
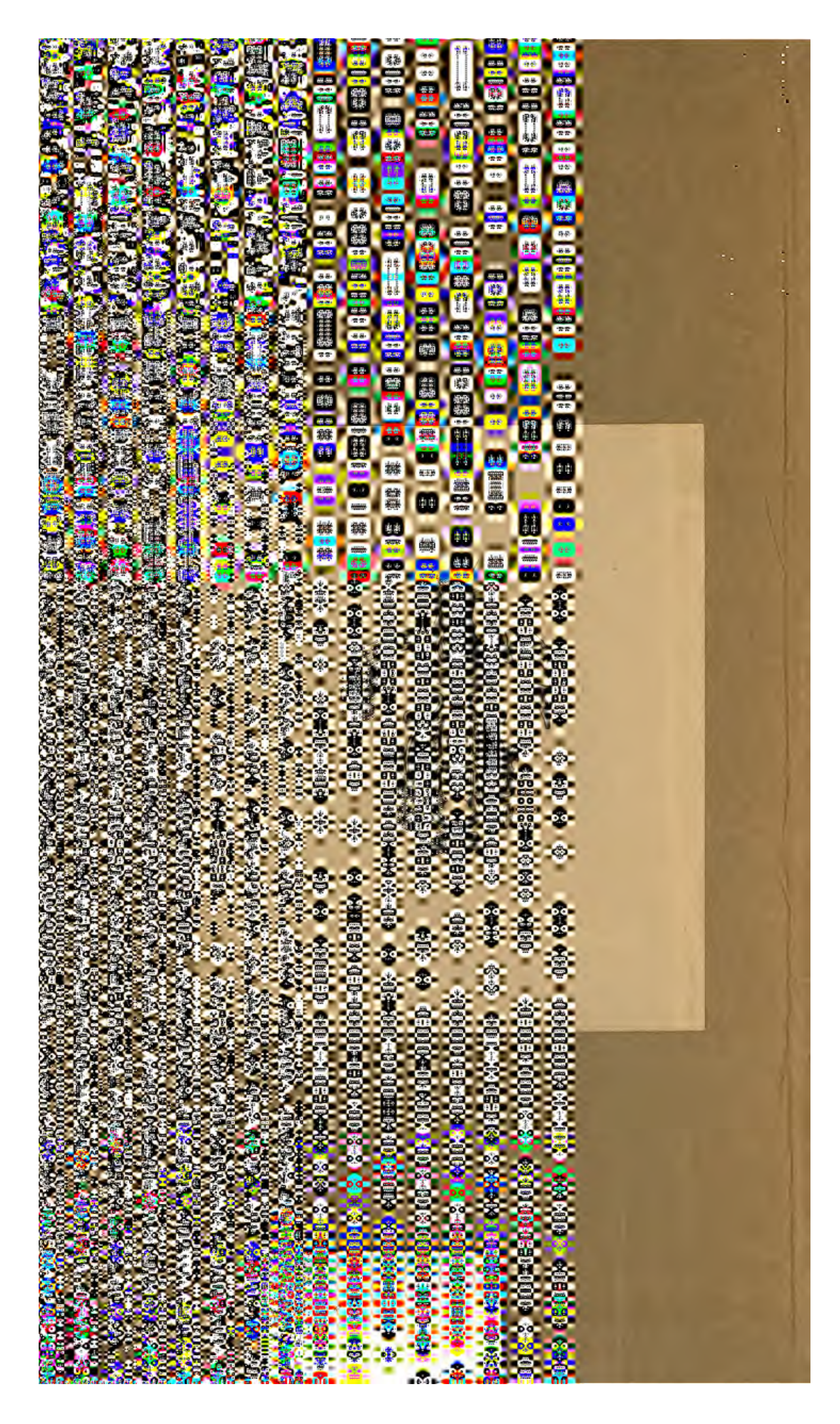






PRINCIPES

DE

BIOLOGIE

I

PRINCIPES

DE

BIOLOGIE

I

AUTRES OUVRAGES DE M. HERBERT SPENCER

TRADUITS EN FRANÇAIS

Classification des sciences, traduit de l'anglais sur la troisième édition par E. Réthoré. 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 2 fr. 50

Premiers principes. 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* Traduit de l'anglais par M. E. Cazelles. 10 fr.

Principes de psychologie. Traduit de l'anglais par MM. Th. Ribot et Espinas, 2 vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 20 fr.

Introduction à la science sociale, 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque scientifique internationale.* Cart. 6 fr.

Essai sur l'éducation, 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 2 fr. 50

Éléments de sociologie. Traduit par M. E. Cazelles. 2 vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* (*Sous presse.*)

Essais sur le progrès, traduits par M. Burdeau, 1 vol. in-8, de la *Bibl. de philosophie contemporaine*, 1 vol. (*Sous presse.*)

AUTRES TRADUCTIONS DE M. CAZELLES.

JOHN STUART MILL. **La Philosophie de Hamilton.** 1 fort vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 10 fr.

JOHN STUART MILL. **Essais sur la religion**, 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 5 fr.

JOHN STUART MILL. **L'assujettissement des femmes**, 1 vol. in-18, 2e édit., 1876. (Guillaumin.)

JOHN STUART MILL. **Mes mémoires**, histoire de ma vie et de mes idées. 1 vol. in-8 de la *Bibl. de phil. contemp.* 5 fr.

JOHN STUART MILL. **Mélanges de philosophie, de politique et d'économie politique.** 4 vol. (en préparation).

BENTHAM ET GROTE. **La Religion naturelle**, son influence sur le bonheur du genre humain. 1 vol. in-18 de la *Bibl. de phil. contemp.* 2 fr. 50

MOLESCHOTT (J.). **La Circulation de la vie**, lettres sur la physiologie en réponse aux Lettres sur la chimie de Liebig, traduit de l'allemand, 2 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine.* 5 fr.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

PRINCIPES

DE

BIOLOGIE

PAR

HERBERT SPENCER

TRADUIT DE L'ANGLAIS

PAR M. E. CAZELLES

TOME PREMIER

PARIS

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET Cie

PROVISOIREMENT : 8, PLACE DE L'ODÉON

La librairie sera transférée 108, boulevard Saint-Germain, le 1er octobre 1877.

—

1877

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME PREMIER.

PREMIÈRE PARTIE.

Les données de la biologie.

DEUXIÈME PARTIE.

Les inductions de la biologie.

TABLE DES MATIÈRES.

TROISIÈME PARTIE.

L'évolution de la vie.

FIN DE LA TABLE DU TOME PREMIER.

PRÉFACE

Le but de cet ouvrage est l'exposition des principes généraux de la biologie, qui mettent en lumière les lois de l'évolution et qui y trouvent leur explication. Les principes spéciaux de cette science n'y figurent qu'autant qu'il est nécessaire pour servir d'exemple aux principes généraux.

Je remercie beaucoup le professeur Huxley et le docteur Hooker pour les secours qu'ils m'ont prêtés. Ils m'ont fourni des renseignements quand mon savoir était en défaut; ils ont revu les épreuves de mon livre, et m'ont signalé les erreurs de détail où j'étais tombé. Mais le concours précieux qu'ils ont bien voulu m'accorder ne doit pas leur faire encourir la responsabilité des doctrines exprimées dans mon ouvrage et qui ne sont pas des vérités reconnues de la biologie.

Londres, 24 septembre, 1864.

PRINCIPES
DE BIOLOGIE

PREMIÈRE PARTIE

LES DONNÉES DE LA BIOLOGIE

CHAPITRE PREMIER

LA MATIÈRE ORGANIQUE

§ 1. — Des quatre éléments principaux qui, par la variété des combinaisons où ils prennent place, composent les corps vivants, trois sont gazeux. Nous ne connaissons le carbone qu'à l'état solide, mais l'oxygène, l'hydrogène et l'azote ne nous sont connus qu'à l'état gazeux. Même soumis à des pressions assez fortes pour les ramener à peu près à la densité des corps liquides, ces éléments ont jusqu'ici défié les efforts tentés pour les liquéfier. Ce fait a une certaine valeur. Rappelons-nous combien les redistributions de matière et de mouvement qui constituent l'Évolution, des structures comme des fonctions, supposent de mouvement dans les

unités à redistribuer, et nous apercevrons la signification probable du fait que les corps organiques qui nous présentent à un si haut degré les phénomènes de l'évolution, sont composés principalement d'unités élémentaires possédant une extrême mobilité. Les propriétés des substances, bien que détruites pour nos sens par l'effet de la combinaison, ne sont pas détruites en réalité; il résulte du principe de la persistance de la force, que les propriétés d'un composé sont des *résultantes* des propriétés de ses éléments composants, *résultantes* dans lesquelles les propriétés des éléments composants sont chacune pleinement en action, bien qu'elles se masquent mutuellement. Le degré de mobilité moléculaire d'une substance est une de ses propriétés principales; et ce degré de mobilité moléculaire affecte d'une manière plus ou moins sensible la mobilité moléculaire des divers composés où entre cette substance. Nous pouvons en conclure l'existence d'une relation entre la forme gazeuse de trois des quatre principaux éléments organiques, et la promptitude relative avec laquelle les matières organiques subissent dans l'arrangement de leurs parties les changements que nous appelons développement, et les transformations de mouvement que nous appelons fonctions.

Considérés au point de vue chimique et non au point de vue physique, ces trois éléments, sur les quatre qui composent la matière organique, ont des affinités d'une portée étroite et d'une intensité faible. L'hydrogène se combine avec un très-petit nombre d'autres éléments, et l'activité chimique qu'il manifeste ne se montre guère dans les limites des températures organiques. Du carbone on peut dire aussi qu'il est complétement inerte aux températures ordinaires, que le nombre des substances avec lesquelles il s'unit n'est pas grand, et que dans la plupart des cas il a une faible tendance

à s'unir avec elles. Enfin, cette indifférence chimique se révèle surtout dans l'azote, élément qui, nous le verrons dans la suite, joue le principal rôle dans les changements organiques.

Les éléments organiques, en comprenant sous cette dénomination non-seulement les quatre principaux, mais encore les autres éléments moins remarquables, possèdent fréquemment l'aptitude à prendre différents états, qu'on appelle allotropisme. Le carbone se présente sous trois états dissemblables : le diamant, le graphite et le charbon. Dans certaines circonstances l'oxygène prend la forme sous laquelle il reçoit le nom d'ozone. Le soufre et le phosphore (qui sont l'un et l'autre, en de faibles proportions, des éléments constituants essentiels de la matière organique) présentent des modifications allotropiques. Le silicium même est allotropique, et son oxyde, la silice, constituant indispensable de tant d'organismes inférieurs, manifeste une propriété analogue à l'allotropisme, l'isomérisme. Même du fer, qui joue un rôle actif dans les organisations supérieures et un rôle passif dans quelques organismes inférieurs, on peut dire que s'il n'est pas allotropique, cependant l'isomérisme est une propriété de ceux de ses composés que l'on retrouve dans les corps vivants. Puisqu'on peut considérer l'allotropisme comme un changement de l'arrangement moléculaire, on peut voir dans la fréquence de ses manifestations chez les éléments de la matière inorganique, le signe d'une nouvelle espèce de mobilité moléculaire.

Il faut encore faire connaître un fait qui a pour nous le plus grand intérêt. Ces quatre éléments dont les organismes sont presque entièrement composés se présentent à nous en une opposition complète. Entre deux de ces éléments nous trouvons dans l'activité chimique un contraste qui n'a point d'égal; entre l'un de ces éléments et les trois autres, nous

trouvons au point de vue de la mobilité moléculaire un contraste que nul autre ne surpasse. D'une part le carbone, par sa résistance à la fusion et à la volatilisation aux plus hautes températures que l'on puisse produire, nous offre une cohésion atomique plus grande que celle d'aucun autre élément connu; d'autre part l'hydrogène, l'oxygène et l'azote montrent moins de cohésion que tous les autres éléments. Tandis que l'oxygène manifeste, aussi bien par l'étendue et l'intensité de ses affinités, une énergie chimique supérieure à celle de toutes les autres substances (le fluor excepté), l'azote montre la plus grande inertie chimique. Or, si nous nous rappelons l'un des principes généraux auxquels nous avons abouti dans notre analyse de la marche de l'évolution, nous apercevrons la signification probable de cette double différence. Nons avons vu (*Premiers principes*, § 163) que, toutes choses égales, les unités dissemblables sont plus facilement séparées par des forces incidentes que les unités semblables; qu'une force incidente tombant sur des unités qui ne sont pas dissemblables, ne les désagrége pas rapidement, mais qu'elle les désagrége rapidement si les unités sont profondément dissemblables. Ainsi ces deux contrastes extrêmes, l'un entre les degrés de mobilité physique, l'autre entre les degrés de l'activité chimique des éléments, remplissent au plus haut degré une condition nouvelle qui facilite la différenciation et l'intégration.

§ 2. — Dans les combinaisons binaires de ces quatre principaux éléments organiques, nous trouvons une mobilité moléculaire beaucoup moindre que celle de ces éléments mêmes, et plus grande aussi que celle des composés binaires en général. Des deux produits résultant de l'union de l'oxygène avec le carbone, le premier, appelé oxyde de carbone,

qui contient un atome de carbone et un d'oxygène (exprimé par le symbole CO), est un gaz incondensable, et le second, l'acide carbonique, contenant un atome d'oxygène de plus (CO^2) ne prend la forme liquide que sous une pression de près de quarante atmosphères. Les divers composés de l'oxygène avec l'azote nous présentent une gradation instructive. Le protoxyde d'azote qui contient un atome de chaque élément (AzO), est un gaz qui ne peut être condensé que sous une pression de près de cinquante atmosphères; le bioxyde d'azote (AzO^2) est un gaz qui n'a pas encore été condensé (la mobilité moléculaire n'y subit aucune diminution, parce que le volume des gaz unis n'y subit aucun changement). L'acide azoteux (AzO^3) est gazeux aux températures ordinaires, mais il se condense en un liquide très-volatil à —10°C; l'acide hypo-azotique (AzO^4) est gazeux à 22°C, liquide entre — 9° et 22°C, et devient solide au-dessous de — 9°. L'acide azotique (AzO^5) peut être obtenu en cristaux qui fondent à 29°,5C, il bout à 50°C. Cette série nous montre, mais non avec une uniformité complète, la mobilité moléculaire décroissant à mesure que les poids des molécules composées croissent. Les hydrogènes carbonés vérifient ce principe général encore mieux. Il suffira d'en citer une série. Le gaz des marais (C^2H^4) est un gaz permanent. Le gaz oléfiant (C^4H^4) peut être liquéfié par la pression. Le butylène, identique au gaz oléfiant dans les proportions de ses éléments, mais d'un poids atomique double (C^8H^8), devient liquide sans pression à —10°C. L'amylène ($C^{10}H^{10}$) est un liquide qui bout à 40°C. Les multiples plus élevés qui viennent ensuite, le caproylène ($C^{12}H^{12}$), le caprylène ($C^{16}H^{16}$), l'élaène ($C^{18}H^{18}$) et le paromylène ($C^{20}H^{20}$), sont des liquides qui bouillent respectivement à 40°, 59°, 125°, 110°, 159°. Le cétylène ($C^{32}H^{32}$) est un liquide qui bout à 279°; la paraffine ($C^{54}H^{54}$) et le

mylène ($C^{60}H^{60}$)sont solides. Un seul composé d'hydrogène et d'azote a été obtenu à l'état libre, l'ammoniaque (AzH^3), et ce composé qui est gazeux se liquéfie par la pression ou par un abaissement de température de — 40°. Dans le cyanogène, composé d'azote et de carbone (AzC^2) nous avons un gaz qui devient liquide à une pression de quatre atmosphères et solide à — 34°. Dans le paracyanogène formé des mêmes proportions de ces éléments, mais avec des coefficients plus élevés (C^6Az^3), nous trouvons un solide qui ne fond ni ne se volatilise aux températures ordinaires. Enfin, dans le composé le plus important de ce groupe, l'eau (HO), ou, comme des chimistes veulent l'écrire ($\dot{H}^2O^2$), nous avons un composé de deux gaz incondensables qui prennent l'un et l'autre l'état liquide et l'état solide à des températures comprises dans l'échelle ordinaire; et sa mobilité moléculaire est encore si grande que ses masses liquides ou solides passent continuellement à l'état de vapeur, bien qu'avec lenteur, jusqu'à ce que la température ait atteint 100°C (1).

(1) La perte immense de mobilité moléculaire que subissent l'hydrogène et l'oxygène en s'unissant pour former de l'eau, perte bien plus grande que celle que l'on observe dans d'autres composés binaires d'une composition analogue, donne à penser que l'atome de l'eau est un atome multiple. Pensant que si cette conclusion est vraie, il en doit exister quelque preuve dans le pouvoir absorbant de la chaleur que possède la vapeur d'eau, je soumis la question au professeur Tyndall, et je lui demandai s'il résultait de ses expériences que la vapeur d'eau absorbe plus de chaleur que la prétendue simplicité de son atome ne le ferait supposer. J'appris que la vapeur d'eau a un pouvoir absorbant énorme, un pouvoir absorbant plus semblable à celui des vapeurs à atome complexe qu'à celui des vapeurs à un seul atome, pouvoir absorbant qui s'accorde avec la supposition que son atome est multiple. Outre cette perte anormale de mobilité moléculaire et ce pouvoir absorbant, il y a d'autres faits à l'appui de ma supposition. Le dégagement sans pareil de chaleur qui s'opère pendant que l'oxygène et l'hydrogène se combinent en est un. Nous en trouvons un autre dans la propriété exceptionnelle que l'eau possède de commencer à se dilater quand sa température s'abaisse au-dessous de 4°,6, puisque cette propriété exceptionnelle ne s'explique que par l'hypothèse de quelque changement dans l'arrangement moléculaire, changement qui ne se comprend qu'à la condition que les molécules soient multiples. Un autre fait qui confirme la supposition, c'est

Considérés au point de vue chimique, il est à remarquer que ces composés binaires des quatre principaux éléments organiques sont en somme moins stables que les composés binaires en général. L'eau, l'oxyde de carbone et l'acide carbonique sont, il est vrai, difficiles à décomposer. Mais à part ces trois corps, la force d'union qui relie ordinairement les éléments des substances nommées plus haut est faible, eu égard à la simplicité de ces substances. A l'exception de l'acétylène, les divers hydrogènes carbonés ne peuvent être produits par combinaison directe de leurs éléments, et les éléments de chacun d'eux sont facilement séparés par la chaleur sans l'aide d'aucune affinité antagoniste. L'azote et l'hydrogène ne s'unissent pas l'un à l'autre immédiatement, et l'ammoniaque, qui résulte de leur union médiate, si elle résiste à la chaleur, cède à l'étincelle électrique. Le cyanogène est stable : il ne se réduit pas en ses éléments à la chaleur rouge, à moins que ce ne soit en des récipients de fer. Bien moins stables pourtant sont les divers oxydes d'azote. Le protoxyde, il est vrai, ne cède pas ses éléments au-dessous de la chaleur rouge; mais l'acide azoteux ne saurait exister dès qu'on y ajoute de l'eau; l'acide hypoazotique se décompose au contact de l'eau et des bases; et l'acide azotique, non-seulement cède de son oxygène à plusieurs métaux, mais quand il est anhydre il se décompose spontanément. Il convient de noter ici, comme une chose importante pour la suite, que cette instabilité spéciale est un des caractères les plus essentiels des composés azotés. Dans tous les cas de décomposition soudaine et violente, que tout le monde con-

l'aptitude de l'eau à prendre l'état colloïde; en effet cela suppose que ses atomes ont le pouvoir de s'agréger pour former des multiples élevés, et nous fait songer, par analogie avec les cas connus, qu'ils ont le pouvoir de s'agréger en multiples inférieurs.

naît, le changement est dû à la présence de l'azote. L'explosion de la poudre à canon résulte de la rapidité avec laquelle l'azote contenu dans le nitrate de potasse cède l'oxygène avec lequel il est combiné. L'explosion du fulmicoton qui contient aussi de l'acide nitrique est un phénomène au fond de même genre. Les différents sels fulminants sont tous composés d'un certain acide azoté, appelé acide fulminique, avec des métaux; cet acide est tellement instable qu'on ne peut l'obtenir à l'état isolé. La nitromannite et la nitroglycérine ont aussi la propriété de détoner. L'iodure d'azote détone au plus léger contact, et même sans cause appréciable. La percussion fait détoner le sulfure d'azote, et celui de tous les corps qui fait explosion avec la plus effrayante violence, est le chlorure d'azote. Ces décompositions, aisées et rapides, dues à l'indifférence chimique de l'azote, sont donc caractéristiques. Ensuite, quand nous aurons à observer la part que l'azote a dans les actions organiques, nous verrons la signification de cette promptitude extrême, avec laquelle ses composés subissent des changements. Laissant ces faits introduits en manière de parenthèse, nous devons noter que si, parmi les composés binaires des quatre principaux éléments, il y en a peu d'actifs, la majorité de ces composés montre pourtant une énergie chimique bien moindre que la moyenne des autres composés binaires. L'eau est le plus neutre des corps : d'ordinaire elle produit peu d'altération chimique dans les substances avec lesquelles elle se combine; une chaleur modérée la chasse de la plupart de ses combinaisons. L'acide carbonique est un acide relativement faible : les carbonates sont décomposés par le plus grand nombre des autres acides et par l'ignition. Les divers hydrogènes carbonés n'ont que des affinités relativement faibles et d'une portée assez étroite. Les composés où entre l'ammoniaque

ne sont guère stables : ils sont promptement détruits par la chaleur et les autres alcalis. Les affinités du cyanogène sont assez fortes, bien qu'elles cèdent à celles des principaux acides. Il faut remarquer que, parmi les combinaisons d'azote et d'oxygène, celles qui contiennent peu d'oxygène sont chimiquement inertes, et celle qui en contient le plus (acide azotique), bien que chimiquement active en conséquence de la promptitude avec laquelle une partie de cet acide abandonne de son oxygène pour oxyder une base avec laquelle le reste de l'acide se combine, est pourtant chassée de toutes ses combinaisons par la chaleur rouge.

Ces composés binaires, comme leurs éléments, sont à un haut degré caractérisés par l'allotropisme, ou, comme on dit plus ordinairement quand il s'agit des corps composés, l'isomérisme. Le professeur Graham a des raisons de penser qu'un changement dans un arrangement atomique de ce genre s'opère dans l'eau, environ au point de fusion de la glace. La relation entre le cyanogène et le paracyanogène est, comme nous l'avons vu, isomérique. La série des hydrogènes carbonés cités ci-dessus, qui ne diffèrent les uns des autres que par les multiples dans lesquels les éléments se trouvent unis, nous fait voir l'isomérisme devenir ce qu'on appelle le polymérisme. On le voit bien mieux encore dans d'autres groupes d'hydrogènes carbonés, comme dans les huiles essentielles, dont seize sur vingt sont isomériques à l'huile de térébenthine. Dans ce cas, l'espèce particulière de mobilité moléculaire impliquée par ces métamorphoses est nettement manifestée, puisque l'huile de térébenthine se convertit en un mélange de plusieurs de ces polymérides par l'effet d'une chaleur de 243°.

Il y a un autre fait relatif à ces composés binaires des quatre principaux éléments organiques, qu'il ne faut pas né-

gliger. Ceux de ces composés qui font partie des tissus vivants des plantes et des animaux (excepté l'eau, qui a une fonction mécanique, et l'acide carbonique, qui est un produit de décomposition) sont limités à un seul groupe, les hydrogènes carbonés. Ce groupe, qui a pour caractère en somme une instabilité et une inertie relatives, compte parmi ses composés les plus instables et les plus inertes les hydrogènes carbonés qui se rencontrent dans les tissus vivants.

§ 3. — Passons maintenant aux substances qui contiennent trois de ces éléments organiques principaux. Nous avons d'abord à remarquer, outre le poids atomique plus grand qui accompagne le plus souvent l'accroissement de leur complexité, qu'il y a, en somme, une diminution marquée de la mobilité moléculaire. A peine en est-il qui conservent l'état gazeux aux températures ordinaires. Une classe de ces composés seulement, les alcools et leurs dérivés, se vaporisent sous la pression atmosphérique ordinaire, mais ils ne se vaporisent pas rapidement à moins d'être chauffés. Les huiles fixes, bien qu'elles présentent la mobilité moléculaire que suppose un état habituellement liquide, ne la possèdent qu'à un degré encore plus faible que les composés alcooliques, et on ne peut les faire passer à l'état gazeux sans les décomposer. Dans des composés voisins, les graisses, qui sont solides à moins d'être chauffés, la perte de la mobilité moléculaire est encore plus marquée. Dans toute l'étendue de la série des acides gras, où à une proportion fixe d'oxygène viennent s'ajouter successivement des équimultiples plus élevés de carbone et d'hydrogène, nous voyons la mobilité décroître à mesure que les volumes des atomes croissent. Dans le groupe des composés amylacés et saccharins, la solidité est l'état habituel; il en est qui peuvent prendre

la forme liquide, mais seulement quand on les chauffe à 150° ou 200°, et qui se décomposent quand on les chauffe davantage, plutôt que de devenir gazeux. Les résines et les gommes présentent des propriétés physiques générales de même ordre et de même signification.

Au point de vue de la stabilité chimique, ces composés ternaires, considérés comme formant un groupe, sont de beaucoup au-dessous des composés binaires. Les sucres et les corps analogues se décomposent à des températures qui ne sont pas très-élevées. Les huiles et les graisses sont promptement carbonisées par la chaleur. Les substances résineuses et les gommes peuvent être aisément amenées à céder quelques-uns de leurs éléments. Les alcools et les substances de même famille ne possèdent pas un grand pouvoir de résister à la décomposition. Ces corps, formés par l'union de l'oxygène, de l'hydrogène et du carbone, forment aussi une classe où l'activité chimique est nulle. Les acides formique et acétique sont sans doute des acides énergiques; mais les termes les plus élevés de la série des acides gras se laissent facilement séparer des bases avec lesquelles ils se combinent. L'acide saccharique est aussi un acide d'une force considérable; et plusieurs acides végétaux possèdent une certaine activité, bien qu'inférieure à celle des acides minéraux. Mais dans tout le reste du groupe, on n'observe guère qu'une faible tendance à se combiner avec d'autres corps; et les combinaisons ainsi formées sont douées d'ordinaire d'une faible stabilité.

Les phénomènes d'isomérisme et de polymérisme se retrouvent fréquemment dans ces composés ternaires. L'amidon et la dextrine sont isomères. Le sucre de fruit, le sucre d'amidon, l'eucalyne, la sorbine et l'inosite sont polymériques. Plusieurs acides végétaux présentent des modifications

semblables. Chez les résines, les gommes et leurs dérivés, les réarrangements moléculaires de ce genre ne sont pas rares.

Il faut mentionner un autre fait touchant ces composés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène; à savoir qu'on peut les diviser en deux classes, l'une composée de substances qui résultent de la décomposition qui constitue la destruction de la matière organique, et l'autre composée de substances qui existent réellement dans la matière organique. Ces deux classes de substances présentent à des degrés différents les propriétés sur lesquelles nous avons dirigé notre attention. Les alcools inférieurs, leurs analogues ou leurs dérivés, qui possèdent une plus grande mobilité moléculaire et une plus grande stabilité chimique que le reste des composés ternaires, ne se rencontrent pas dans les corps animaux ou végétaux. Au contraire, les sucres et les substances amylacées, les huiles fixes et les graisses, les gommes et les résines qui ont tous beaucoup de mobilité moléculaire, et sont, au point de vue chimique, plus instables et inertes, entrent dans la composition des tissus vivants des plantes et des animaux.

§ 4. — On peut faire une division analogue entre les composés qui contiennent les quatre principaux éléments organiques. Il y en a qui résultent de la décomposition des tissus vivants; il y en a d'autres qui font partie des tissus vivants dans leur intégrité; et ces deux groupes sont distingués par leurs propriétés de la même manière que les groupes analogues des composés ternaires.

Dans la première division certains produits que l'on trouve dans les excrétions animales sont de la plus grande importance et méritent seuls d'être cités, ce sont l'urée, la créa-

tine et la créatinine. Ces bases animales présentent beaucoup moins de mobilité moléculaire que la moyenne des substances que nous avons citées; elles sont solides à la température ordinaire; elles fondent, quand elles fondent, au-dessus de la température de l'eau bouillante, et n'ont pas la propriété de prendre l'état gazeux. Au point de vue chimique leur stabilité est faible, et leur activité fort restreinte en comparaison de celles des composés plus simples.

Ce sont pourtant les composés azotés des tissus vivants qui manifestent le plus éminemment les signes dont nous avons suivi le développement. L'albumine, la fibrine, la caséine et leurs analogues, sont des corps où la mobilité moléculaire présentée par trois de leurs éléments à un si haut degré, se trouve réduite au minimum. On ne connaît ces substances qu'à l'état solide : c'est-à-dire, que lorsqu'elles sont privées de l'eau à laquelle elles sont ordinairement mêlées, elles ne peuvent être fondues, encore moins volatilisées. A cela il faut ajouter qu'elles ne possèdent pas même la mobilité moléculaire qui implique la solution dans l'eau; puisque bien qu'elles forment des mélanges visqueux avec l'eau, elles ne se dissolvent pas parfaitement à la manière des composés inorganiques. Les caractères de ces substances sont l'instabilité et l'inertie portées à l'extrême. On voit chaque jour avec quelle rapidité les matières albuminoïdes se décomposent dans les conditions ordinaires : la difficulté contre laquelle luttent toutes les ménagères c'est de les empêcher de se décomposer. Il est vrai que desséchées et conservées à l'abri du contact de l'air on peut les conserver pendant longtemps, mais le fait qu'on ne saurait les conserver que dans ces conditions prouve leur grande instabilité. Il est vrai aussi que les principes azotés les plus complexes ne sont pas absolument inertes, puisqu'ils entrent

en combinaison avec certaines bases; mais leur union est très-faible.

Il faut noter aussi que ces corps, bien qu'ils montrent le plus faible degré de cette mobilité moléculaire qui implique une vibration facile des atomes considérés comme des unités, présentent à un très-haut degré cette espèce de mobilité moléculaire qui résulte de l'isomérisme, qui implique des changements incessants dans la position des atomes adjacents par rapport l'un à l'autre. Chacun de ces corps a une forme soluble et une forme insoluble. Dans certains cas, il y a lieu de croire qu'il existe plus de deux formes; et il semble que leurs métamorpboses ont lieu sous l'influence de très-légers changements de condition.

Dans ces composés organiques plus instables et plus inertes, nous trouvons que la complexité atomique atteint un maximum : non-seulement puisque les quatre principaux éléments atomiques s'y trouvent unis avec de faibles proportions de soufre et de phosphore; mais aussi parce qu'ils sont unis en des proportions élevées. La propriété que nous avons reconnue même dans les composés binaires des éléments organiques, à savoir que leurs atomes sont formés non d'un unique équivalent de chaque élément, mais de deux, trois, quatre et plus, se trouve portée à l'extrême dans ces composés qui jouent le principal rôle dans les actions organiques. Suivant Mulder, la formule de l'albumine est $10\,(CH^{31}Az^{5}O^{12}) + SP$. Cela veut dire qu'au soufre et au phosphore sont unis dix équivalents d'un atome composé contenant quarante atomes de carbone, trente et un d'hydrogène, cinq d'azote, et douze d'oxygène : l'atome se trouvant donc composé de près de neuf cents atomes simples.

§ 5. — Si nous en avions le temps, il serait utile de consi-

dérer en détail les interprétations que l'on peut donner des faits que nous avons énumérés, en faisant intervenir dans la solution du problème les principes généraux de mécanique que nous voyons se vérifier pour les molécules aussi bien que pour les masses. Mais il suffira d'indiquer brièvement les conclusions que cette étude permet de tirer.

D'après les principes mécaniques, on peut soutenir que la mobilité moléculaire d'une substance doit dépendre en partie de l'inertie de ses molécules; en partie de la pression qu'elles exercent les unes sur les autres, par suite de la densité de leur agrégation, et (quand les molécules sont composées) en partie de la mobilité moléculaire de leurs molécules composantes. D'où il faut conclure que lorsque trois de ces molécules demeurent constantes, la mobilité moléculaire doit varier avec la quatrième. Toutes choses égales d'ailleurs, la mobilité musculaire des atomes doit décroître à mesure que leur masse croît; et il doit en résulter la progression générale que nous avons trouvée, depuis la grande mobilité moléculaire des éléments organiques non combinés, jusqu'à la mobilité moléculaire faible de ces substances formées de grands atomes dans la composition desquelles ils entrent.

Appliquant aux atomes la loi mécanique qui est vraie pour les masses, que, puisque l'inertie et la pesanteur croissent comme les cubes des dimensions, tandis que la cohésion croît comme leurs carrés, la force de stabilité d'un corps devient relativement plus petite à mesure que son volume augmente, on pourrait soutenir que ces volumineux atomes complexes qui constituent la substance organique, sont mécaniquement faibles, moins capables que les atomes simples de supporter, sans s'altérer, les forces qui leur sont appliquées. Cette masse qui les rend moins mobiles permet aux

forces physiques d'agir sur elles plus promptement pour changer les positions relatives de leurs atomes composants, et par là pour produire ce que nous appelons des réarrangements et des décompositions.

En outre, nous pouvons tirer la conclusion qui ne paraît pas improbable, que la formation de grands agrégats d'atomes élémentaires, et la diminution de la force de stabilité qui en est le résultat, doivent s'accompagner d'une diminution de ces différences de dimension auxquelles on peut rapporter la polarité. Une sphère, telle est la figure d'équilibre que tout agrégat d'unités tend à prendre sous l'influence de la simple attraction réciproque. Quand le nômbre des unités est petit et que leurs polarités mutuelles sont tranchées, la tendance vers le groupement sphérique sera surmontée par la tendance vers quelque forme plus spéciale déterminée par leurs polarités mutuelles. Mais il est évident qu'en proportion qu'un atome complexe devient plus grand, les effets de la simple attraction mutuelle doivent devenir relativement grnads; et par suite doivent tendre à masquer les effets de l'attraction polaire. Il pourra en conséquence se produire dans les atomes à composition très-compliquée comme ceux qui contiennent neuf cents atomes élémentaires, des formes approchant de la forme sphérique, qui supposent une polarité moins tranchée que celle des atomes simples. Si cette conclusion est correcte, elle nous fournit une explication tant de l'inertie chimique des substances organiques les plus complexes, que de leur incapacité de se cristalliser.

§ 6. — Nous arrivons naturellement à une autre partie de notre sujet, qui a un grand intérêt. Le professeur Graham a publié des recherches importantes qui promettent de jeter beaucoup de lumière sur la constitution et les change-

ments de la matière organique. Il fait voir que les substances solides existent sous deux formes d'agrégation, la *colloïde* ou gélatiniforme, et la *cristalloïde* ou cristalline. Les exemples de la dernière sont trop connus pour que j'aie besoin d'en citer. Parmi ceux de la première nous pouvons nommer l'acide silicique hydraté, l'alumine hydratée, les autres peroxydes métalliques qui appartiennent à la même classe que l'alumine, quand ils existent sous la forme soluble; l'amidon, la dextrine, les gommes, le caramel, le tannin, l'albumine, la gélatine ; les matières extractives animales et végétales. Le professeur Graham dit, en décrivant les propriétés des substances colloïdes : « Bien qu'elles soient souvent très-solubles dans l'eau, elles ne sont retenues dans la solution que par une force très-petite; elles paraissent singulièrement inertes en qualité d'acides ou de bases, et dans toutes les relations chimiques ordinaires..... Bien qu'elles soient chimiquement inertes au sens ordinaire, les substances colloïdes possèdent en propre une propriété compensatrice qui résulte de leurs propriétés physiques. Au lieu que la rigidité de la structure cristalline exclut les impressions venant du dehors, la mollesse de la substance colloïde participe de la fluidité et lui permet de servir de milieu pour la diffusion d'un liquide, par exemple de l'eau..... Il en résulte que les colloïdes sont très-sensibles aux agents extérieurs. Une autre qualité éminemment caractéristique des colloïdes c'est leur mutabilité..... La solution d'acide silicique hydraté, par exemple, s'obtient facilement à l'état de pureté, mais ne saurait être conservée en cet état : il est possible de la conserver à l'état liquide des jours et des semaines dans un tube fermé, mais elle ne manque pas de se prendre en gelée et de devenir insoluble à la fin. Le changement de ce colloïde ne semble pas s'arrêter là; en effet les

formes minérales de l'acide silicique déposées par l'eau, comme le flint, ont souvent passé durant les époques géologiques de l'état vitreux ou colloïde à l'état cristallin (M. Rose). L'état colloïde est en réalité un état dynamique de la matière, l'état cristalloïde en est l'état statique. Le colloïde possède l'*activité*. On peut le considérer comme la première source de la force qui apparaît dans le phénomène de la vitalité. On peut aussi rapporter la prolongation des changements physico-chimiques à la marche graduelle des changements dans les colloïdes (car ces changements exigent toujours le temps comme un de leurs éléments).

La classe des colloïdes ne renferme pas seulement tous les composés azotés les plus complexes qui caractérisent le tissu organique, diverses combinaisons de carbone, d'hydrogène et d'oxygène prennent place à côté d'eux; mais, ce qui est assez significatif, cette classe comprend plusieurs substances appelées inorganiques, qui entrent dans des corps organisés. Ainsi la silice qui entre dans la composition d'un grand nombre de plantes, qui constitue les spinules des éponges aussi bien que les coquilles de beaucoup de foraminifères et d'infusoires, possède un état colloïde et un état cristalloïde. Une solution d'acide silicique hydraté passe en quelques jours à l'état de gelée solide qui n'est plus soluble dans l'eau et qui peut être subitement coagulée par une très-petite quantité d'un carbonate alcalin, aussi bien que par la gélatine, l'albumine et le peroxyde de fer. Cette dernière substance même, le peroxyde de fer, qui entre comme élément dans le sang des mammifères, et compose les coquilles de certains protozoaires, possède un état colloïde. « L'eau contenant environ un pour cent de peroxyde de fer hydraté en solution, a la couleur rouge noire du sang veineux. » * * *
« La solution rouge se coagule à froid sous l'action de traces

d'acide sulfurique, des alcalis, des carbonates alcalins, des sulfates et sels neutres en général. » * * * « Le coagulum est une gelée d'un rouge sombre, ressemblant au caillot du sang, mais plus transparent. Le coagulum de ce colloïde rappelle l'idée de celui du sang aussi bien par la faible action qui suffit à effectuer le changement dont nous parlons, que par l'aspect du résultat. » La gelée qui se forme ainsi devient vite, comme la dernière, insoluble dans l'eau. La chaux aussi, qui est un élément minéral si important dans les corps vivants, animaux et végétaux, entre dans un composé qui appartient à cette classe. « La solution si connue de chaux dans le sucre forme un coagulum solide quand on la chauffe. Probablement qu'à une température élevée ce corps est tout à fait colloïde.

Généralisant quelques-uns des faits qu'il présente, le professeur Graham dit : « Il semble que l'équivalent d'un colloïde est toujours élevé, bien que le rapport entre les éléments de la substance soit simple. L'acide gommique, par exemple, peut être représenté par $C^{12} H^{11} O^{11}$; mais, à en juger par la faible quantité de chaux et de potasse qui suffit à neutraliser cet acide, il faut que les véritables nombres de sa formule soient plusieurs fois plus grands. On ne peut s'empêcher de rapprocher l'inertie des colloïdes de l'élévation de leurs équivalents particulièrement quand il semble que les nombres élevés sont formés de la répétition d'un nombre inférieur. Il y aurait lieu de rechercher si la molécule colloïde ne serait pas constituée par le groupement d'un nombre de molécules cristalloïdes plus petites, et si la base de la colloïdalité ne serait pas en réalité ce caractère composite de la molécule. »

§ 7. — Un autre contraste entre les colloïdes et les cristalloïdes a de l'importance au point de vue des phénomènes

vitaux. Le professeur Graham indique que les différences tranchées que présentent les divers corps au point de vue de la solubilité, ont pour pendant des différences dans les coefficients de diffusion des divers corps dans les liquides. Comme l'alcool et l'éther aux températures ordinaires, et d'autres substances à des températures plus élevées, se diffusent sous la forme gazeuse dans l'air, une substance en solution aqueuse, mise en contact avec une masse d'eau (de manière à éviter que les courants de ce milieu n'opèrent le mélange) se diffuse au travers de cette masse d'eau. De même aussi qu'il y a différents degrés de rapidité dans l'évaporation, de même il y a différents degrés dans la diffusion : « l'écart qui existe entre les degrés de mobilité diffusive manifesté par les diverses substances paraît aussi étendu que l'échelle des tensions des vapeurs. » On aurait pu prévoir cette analogie, puisque la tendance à prendre un état gazeux et la tendance à se répandre en solution dans un liquide sont l'une et l'autre des conséquences de la mobilité moléculaire. Il en résulte aussi, ainsi qu'on aurait pu s'y attendre, que la diffusibilité, comme la volatilité, soutient, toutes choses égales, un rapport avec le poids atomique : toutes choses égales, devons-nous dire, parce qu'il faut que la mobilité moléculaire, ainsi que nous l'avons dit (§ 5), soit affectée par les autres propriétés des atomes, l'inertie exceptée. La substance qui se diffuse le plus rapidement parmi celles que le professeur Graham a soumises à ses expériences, est l'acide chlorhydrique, composé d'un poids atomique faible, gazeux, excepté sous une pression de 40 atmosphères, et qui existe ordinairement à l'état liquide, mais uniquement en combinaison avec l'eau. En outre, « on peut dire que l'hydrate de potasse possède une vitesse de diffusion double de celle du sulfate de potasse, et celui-ci une double de celle du sucre, de l'alcool et du

sulfate de magnésie », différences qui correspondent d'une manière générale à des différences dans la masse des atomes.

Mais le fait qui a le plus grand intérêt pour nous, c'est que les cristalloïdes formés d'atomes relativement petits ont un pouvoir diffusif infiniment plus grand que les colloïdes formés d'atomes relativement grands. Parmi les cristalloïdes mêmes, il existe des différences marquées de diffusibilité, et parmi les colloïdes, il y a des différences analogues, quoique moins marquées. Mais ces différences sont petites comparées avec celles qui existent entre la diffusibilité des cristalloïdes en général, et celle des colloïdes en général. L'acide chlorhydrique possède sept fois la diffusibilité du sulfate de magnésie; mais il est cinquante fois plus diffusible que l'albumine et cent fois plus que le caramel.

Ces différences de diffusibilité se manifestent avec une netteté à peu près égale, quand on place un diaphragme perméable entre la solution et l'eau. Il arrive que lorsqu'une solution contient des substances possédant un coefficient de diffusibilité différent, l'opération de la dialyse, ainsi que le professeur Graham l'appelle, devient un moyen de séparer les substances mélangées : surtout quand ces substances sont les unes cristalloïdes, les autres colloïdes. La portée de ce fait au point de vue des opérations organiques sera évidente. Plus évidente encore deviendra-t-elle quand on la rapprochera d'un autre fait remarquable. C'est qu'au lieu que les cristalloïdes se diffusent à travers les colloïdes presque aussi rapidement qu'à travers l'eau, les colloïdes ne peuvent guère se diffuser à travers les autres colloïdes. Soit une masse de gelée contenant un sel et une masse contiguë qui n'en contient pas : le sel se répand plus en huit jours dans cette dernière qu'il ne se répand dans l'eau en sept; au lieu que la diffusion du caramel dans la gelée semblait avoir à peine

commencé après huit jours écoulés. Aussi pouvons-nous regarder les composés colloïdes dont l'organisme est constitué, comme ayant par leur nature physique le pouvoir de séparer les colloïdes d'avec les cristalloïdes, et de se laisser traverser par les cristalloïdes à peu près sans résistance.

Les recherches sur la diffusibilité des diverses substances ont eu encore un autre résultat important pour le sujet qui nous occupe. Le professeur Graham a trouvé que non-seulement on peut effectuer par la dialyse la séparation des substances *mélangées* qui diffèrent par leur mobilité moléculaire; mais aussi que les substances *combinées* ayant l'une pour l'autre une faible affinité, seront séparées par le dialyseur, s'il y a entre la mobilité moléculaire des unes et des autres un contraste profond. Un tel composé, dit le professeur Graham, à propos du chlorhydrate de peroxyde de fer, a dans l'inégale diffusibilité de ses éléments un élément d'instabilité. Il nous montre ensuite que l'acide chlorhydrique soumis à la dialyse se répand au loin, laissant en arrière le peroxyde de fer qui est colloïde. Il fait remarquer aussi que le peracétate de fer peut se transformer en peroxyde lorsque le sel où il entre se trouve décomposé par diffusion au moyen du dialyseur. « Or cette tendance à la séparation manifestée par des substances qui diffèrent beaucoup par la mobilité moléculaire, bien que d'ordinaire elles soient tellement opposées par leurs affinités qu'elles ne se décomposent point spontanément, donne lieu à une certaine aptitude au changement qui n'existerait pas autrement. L'inégale mobilité des atomes combinés doit donner aux forces perturbatrices un pouvoir plus grand pour opérer des transformations que celui qu'elles auraient eu d'ailleurs. C'est ce qui constitue la valeur d'un fait dont nous avons parlé en commençant, à savoir que trois des principaux éléments organiques ont une mobilité ato-

mique plus grande qu'aucun élément connu, mais que le quatrième, le carbone, a la plus faible mobilité atomique de tous les éléments connus. Bien que dans les composés simples de carbone, les affinités de cet élément pour les autres soient assez fortes pour empêcher les effets de cette grande différence dans la mobilité de se révéler; il y a pourtant des raisons de penser que dans ces composés complexes qui composent les corps vivants, où il existe des affinités entre-croisées qui amènent un état de tension chimique, cette extrême différence dans la mobilité moléculaire doit aider singulièrement les réarrangements moléculaires. Bref, nous sommes conduits par les faits concrets à conclure, comme nous l'avons déjà fait en partant des premiers principes, que cette grande dissemblance parmi les unités combinées doit faciliter les différenciations.

§ 8. — Une portion de matière organique en état de manifester les phénomènes dont s'occupe le biologiste, est quelque chose de plus complexe que les matières organiques séparées que nous venons d'étudier, puisqu'une portion de matière organique dans son intégrité en contient plusieurs.

En premier lieu aucun de ces colloïdes qui composent la masse d'un corps vivant, ne semble capable d'accomplir des changements vitaux par lui-même; il est toujours associé à d'autres colloïdes. Une portion de tissu vivant si petite qu'elle soit, contient presque toujours plus d'une forme de substance protéique : diverses modifications chimiques d'albumine et de gélatine s'y trouvent, comme aussi, probablement une modification soluble et une insoluble de ces formes; et il s'y rencontre encore d'ordinaire plus ou moins de substance grasse. Dans une seule cellule végétale la petite quantité de colloïde azoté qu'on rencontre se trouve incorporée

dans les colloïdes de la classe non azotée. Le microscope démontre que les formes les plus petites et les plus simples des corps organiques ne sont point homogènes.

En outre nous avons à examiner le tissu organique, formé de colloïdes mélangés à la fois à l'état soluble et à l'état insoluble, quand il est traversé par des cristalloïdes. Certains cristalloïdes, comme l'oxygène (1), l'eau, et peut-être certains sels, sont des agents de décomposition; quelques-uns comme les substances sucrées et grasses sont probablement des matériaux pour la décomposition; et certains comme l'acide carbonique, l'eau, l'urée, la créatine et la créatinine, sont des produits de décomposition. Dans la masse de colloïdes mélangés, la plupart insolubles et, alors qu'ils sont solubles, d'une mobilité moléculaire ou d'un pouvoir diffusif très-faible, passent sans cesse des cristalloïdes d'une grande mobilité moléculaire et d'un grand pouvoir diffusif qui sont susceptibles de décomposer ces colloïdes complexes. De cette décomposition, il résulte d'autres cristalloïdes (les deux principaux extrêmement simples et mobiles, et les autres qui le sont comparativement), qui se diffusent aussi rapidement qu'ils se forment.

Nous pouvons à présent voir clairement la nécessité de la composition particulière que nous trouvons dans la matière organique. D'une part sans cette extrême mobilité moléculaire que possèdent trois des quatre principaux éléments de la matière organique; et sans la grande mobilité moléculaire de leurs composés plus simples, qui en est la conséquence, on ne verrait pas se produire l'élimination rapide des résidus de l'action organique, et l'échange de matière

(1) Il paraîtra, sans doute, étrange de voir classer l'oxygène parmi les cristalloïdes. Mais comme les cristalloïdes se distinguent des colloïdes par leur simplicité atomique, et comme divers gaz sont réductibles à l'état cristallin, nous avons le droit de le classer ainsi.

continuellement actif que la vie suppose ne pourrait subsister. D'autre part, sans l'union de ces éléments extrêmement mobiles en des composés immensément complexes, dont les atomes relativement vastes qui les composent sont rendus relativement immobiles par leur inertie, la fixité mécanique qui empêche les éléments des tissus vivants de se diffuser en même temps que les produits usés qui résultent de la décomposition des tissus, ne pourrait se constituer.

§ 9. — Ainsi dans les substances dont les organismes sont composés, les conditions nécessaires à la redistribution de matière et de mouvement qui constitue l'évolution se trouvent remplies bien plus qu'il ne semble.

Les affinités mutuelles des principaux éléments organiques ne sont pas actives dans les limites des températures où les actions organiques se produisent, et l'un de ces éléments a pour caractère spécial son indifférence chimique. Les composés formés par ces éléments en s'élevant dans l'échelle de la complexité, deviennent progressivement moins stables. Les composés plus complexes où ces quatre éléments entrent en même temps que les composés de deux autres éléments qui s'oxydent très-rapidement, ont une si grande instabilité, que la décomposition s'opère sous les conditions atmosphériques ordinaires.

Les éléments dont les corps vivants sont construits ont une tendance exceptionnelle à s'unir en multiples, et à former des groupes de produits qui ont les mêmes éléments chimiques, mais qui, différant par le mode d'agrégation, possèdent des propriétés différentes. L'isomérisme et le polymérisme qui y dominent montrent d'une autre façon l'aptitude des substances organiques à subir des redistributions.

Dans les composés très-complexes qui sont les organes

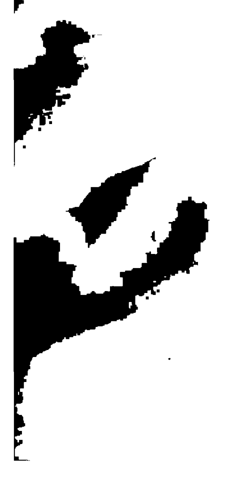
des actions vitales, il existe un genre et un degré de mobilité moléculaire qui constitue la qualité plastique qui les rend propres à l'organisation. Au lieu de l'extrême mobilité moléculaire possédée par trois des quatre éléments organiques quand ils ne sont pas engagés en combinaison, au lieu de la mobilité moléculaire diminuée, mais grande encore, possédée par leurs combinaisons plus simples, que leur nature gazeuse et liquide rend impropres à manifester quelque peu l'opération de l'évolution; au lieu des propriétés de leurs combinaisons moins simples, qui lorsqu'elles ne sont pas rendues par trop mobiles par la chaleur, prennent la forme par trop rigide de cristaux, nous trouvons dans les colloïdes dont les organismes sont en grande partie composés, le compromis qui convient entre la fluidité et la liquidité. On ne peut les réduire aux conditions par trop mobiles des liquides et des gaz, et pourtant ils ne prennent pas l'état par trop fixe des solides. Comme ils n'ont pas le pouvoir de s'unir entre eux en des arrangements polaires, leurs atomes restent doués d'une certaine liberté relative de mouvement qui les rend sensibles aux petites forces, et les agrégats qui en sont composés possèdent la plasticité.

Tandis que la grande inertie de ces atomes organiques grands et complexes, ne leur permet pas de recevoir le mouvement des ondulations, de l'éther, et les réduit à des formes d'agrégation moins cohérentes, il y a lieu de penser que cette même inertie facilite les changements d'arrangement entre leurs atomes constituants, puisque dans la proportion où une force incidente n'imprime qu'un faible mouvement sur une masse, elle n'en est que plus capable d'imprimer du mouvement aux parties de la masse en relation les unes avec les autres. Il est encore plus probable que les contrastes

extrêmes que présentent les divers éléments des atomes très-complexes au point de vue de la mobilité moléculaire, contribuent à rendre modifiables les mouvements de ces atomes.

Enfin, la grande différence qui existe entre la diffusibilité des colloïdes et celle des cristalloïdes permet dans les tissus des organismes une redistribution singulièrement rapide de matière et de mouvement; à la fois parce que les colloïdes, facilement perméables par les cristalloïdes, peuvent subir l'action chimique dans toutes les parties de leur masse, au lieu de n'y être exposés que par leur surface. De plus, les produits de décomposition étant aussi des cristalloïdes, ils peuvent s'éliminer aussitôt que produits pour faire place à des transformations nouvelles analogues. De sorte que tandis que les atomes composites dont les tissus organiques sont formés possèdent une faible mobilité moléculaire qui les rend propres aux opérations qui exigent de la plasticité, il résulte de l'extrême mobilité de leurs constituants irréductibles, que les produits usés de l'activité vitale s'échappent aussitôt qu'ils sont formés.

Ajoutez que la chaleur, ou la vibration moléculaire augmentée, où se maintiennent les organismes supérieurs, augmente encore la facilité des redistributions, non-seulement [illegible] les changements chimiques, mais en accélérant la [illegible]n des substances cristalloïdes.



CHAPITRE II

ACTIONS DES FORCES SUR LA MATIÈRE ORGANIQUE

§ 10. — L'arrangement des parties d'un corps se trouve toujours changé dans une certaine étendue, par l'application d'une force mécanique incidente. Mais c'est dans les corps organiques que nous sommes le plus habituellement frappés des changements d'arrangement produits par les forces mécaniques. C'est un caractère des colloïdes qu'ils cèdent avec une grande promptitude aux pressions et aux tensions, et qu'après cela ils recouvrent plus ou moins complétement leurs formes primitives, quand la pression ou la tension cessent. Il est clair qu'à défaut de cette élasticité, la plupart des actions organiques seraient impossibles. Des altérations de forme non-seulement temporaires mais permanentes se trouvent facilitées par la nature colloïde de la matière organique. Une pression continue sur un tissu vivant (peut-être en ce qu'elle retarde l'absorption de matériaux nouveaux pour remplacer les matériaux vieillis décomposés et emportés par la diffusion), diminue peu à peu et finalement détruit son pouvoir de reprendre la forme qu'elle avait auparavant. Ainsi la matière dont l'organisme est construit est modifiable par l'arrêt d'une force ou par une ten-

sion continue, à un bien plus haut degré que la matière ordinaire.

§ 11. — La sensibilité pour certaines forces qui sont quasi mécaniques, sinon mécaniques au sens usuel du mot, se montre dans deux particularités de la matière organique, qui sont unies par un rapport étroit, comme aussi de toute autre matière qui prend le même état d'agrégation moléculaire.

Les colloïdes absorbent une grande quantité d'eau en vertu d'un pouvoir qu'on a appelé « *affinité capillaire* », et subissent en même temps un grand accroissement de volume et un changement de forme. Par contre, ils abandonnent avec la même vitesse cette eau par évaporation, reprenant plus ou moins leur état primitif. Qu'ils résultent de la capillarité ou de la diffusibilité relativement grande de l'eau, ou de ces deux propriétés à la fois, ces changements doivent être remarqués comme des exemples d'un autre mode d'après lequel les arrangements des parties dans les corps organiques sont affectés par les forces mécaniques.

Nous en trouvons un autre mode dans ce qu'on appelle osmose. Quand sur les deux faces opposées d'un diaphragme perméable, et spécialement d'un diaphragme de substance colloïde se trouvent placées des solutions miscibles de densité différente, un double déplacement s'opère : une grande quantité de la solution la moins dense passe à travers le diaphragme pour se rendre dans la solution la plus dense; il en résulte un accroissement considérable du volume de la plus dense aux dépens de la moins dense. Cette opération qui paraît dépendre de plusieurs conditions n'est pas encore bien comprise. Quelle qu'en soit l'explication, c'est une opération qui tend continuellement à introduire des

changements dans les corps organiques. Des déplacements de ce genre ne cessent de se produire à travers les surfaces des plantes et des animaux. Un très-grand nombre des changements de forme visible que subissent les germes organisés sont principalement dus à l'imbibition de leurs membranes limitantes par les liquides ambiants.

On pourrait ajouter qu'outre les altérations directes que l'imbibition et le déplacement de l'eau et des solutions aqueuses par les colloïdes produisent dans la matière organique, ils en produisent d'autres d'une manière indirecte. Comme ils sont les instruments qui introduisent dans les tissus les agents des changements chimiques, et en éliminent les produits des changements chimiques, ils concourent à entretenir d'autres redistributions.

§ 12. — Comme je l'ai montré ailleurs (*Premiers principes*, § 103), la chaleur, c'est-à-dire une élévation de la vibration moléculaire, permet aux forces incidentes de produire plus aisément des changements d'arrangement moléculaire dans la matière organique. Mais en outre la chaleur amène certains changements vitaux d'une façon si directe qu'elle en est la principale cause.

La propriété des colloïdes organiques de s'imbiber d'eau, et d'introduire avec l'eau dans leur propre substance les matériaux qui opèrent les transformations ne serait pas continuellement active, si l'eau imbibée devait demeurer en place. C'est parce qu'elle s'échappe et qu'elle est remplacée par une eau qui contient plus de matériaux, que la succession des changements se trouve maintenue. Chez les animaux et les végétaux supérieurs, l'élimination de l'eau se trouve facilitée par l'évaporation; et la proportion de l'évaporation se trouve, toutes choses égales, déterminée par la chaleur. Bien

que le courant de la séve dans l'arbre soit principalement causé par une action, probablement osmotique, accomplie dans les racines, il est certain que la perte d'eau qui a lieu à la surface des feuilles, et l'absorption d'une plus grande quantité de séve par les feuilles qui en est la conséquence et qui se fait par attraction capillaire, doit aider beaucoup la circulation. La langueur d'une plante exposée au soleil tandis que la terre autour des racines est sèche, nous montre combien l'évaporation vide les vaisseaux de la séve; et la promptitude avec laquelle une fleur fanée se ranime quand on la met dans l'eau, nous fait voir le rôle que joue l'action capillaire. Puis donc que l'évaporation à la surface d'une plante aide à produire des courants de séve à l'intérieur de la plante, nous devons regarder la chaleur qui produit cette évaporation comme ayant un rôle de cause dans les redistributions de matière effectuées par ces courants. Dans les animaux terrestres, la chaleur aide pareillement les changements qui s'effectuent. L'exhalation de vapeur d'eau par les poumons et la surface de la peau, qui constitue le principal moyen d'élimination de l'eau que nous avalons, entretient dans les tissus la persistance de ces courants dont la cessation mettrait fin à la vie. En effet, quoique le système vasculaire distribue des fluides nutritifs dans les canaux qui se ramifient par tout le corps, l'absorption de ces fluides dans les tissus dépend en partie de l'élimination des fluides que les tissus contiennent déjà. Par suite, dans la mesure où l'élimination est favorisée par l'évaporation, et l'évaporation par la chaleur, la chaleur est un agent de redistribution dans l'organisme animal.

§ 13. — La lumière, dont nous savons qu'elle modifie tant de composés inorganiques, qui opère les changements

chimiques utilisés dans la photographie, qui cause la combinaison de certains gaz, qui change les arrangements moléculaires de bon nombre de cristaux, et laisse des traces de son action même sur des substances extrêmement stables, la lumière produira, nous pouvons nous y attendre, des effets tranchés sur des substances aussi complexes et aussi instables que celles qui entrent dans la composition des corps organiques. Oui, la lumière en produit, et quelques-uns de ces effets sont au nombre des plus importants que la substance organique subisse.

Les changements moléculaires opérés par la lumière chez les animaux n'ont guère qu'une importance secondaire. Nous voyons la peau se foncer à la suite de l'exposition aux rayons du soleil. Nous connaissons aussi les modifications de la rétine qui produisent en nous des sensations de couleur. Sur certains animaux qui n'ont pas d'yeux et qui sont formés d'une substance demi-transparente, la lumière en la traversant effectue un changement manifesté par du mouvement. Mais, d'une manière générale, l'opacité des animaux limite l'action de la lumière à leur surface, et réduit ainsi à de faibles proportions son influence physiologique (1).

Chez les plantes, les rayons solaires qui produisent chez nous l'impression de jaune sont les agents immédiats des changements moléculaires à l'aide desquels s'accumulent d'heure en heure les matériaux d'un développement à venir. Des expériences ont montré que lorsque le soleil frappe de sa lumière les feuilles vivantes, elles se mettent à exhaler de l'oxygène, et à accumuler du carbone et de l'hydrogène, résultats qui sont dus à la décomposition par les rayons so-

(1) L'accroissement de la respiration qui résulte de la présence de la lumière est probablement un effet *indirect*. Il provient probablement de la réception d'impressions par les yeux, et de la stimulation nerveuse qui en résulte.

laires de l'acide carbonique et de l'eau absorbés. Il est admis maintenant que grâce à certaines ondulations d'éther qui pénètrent dans leurs feuilles, les plantes sont mises en état de dépouiller de leur oxygène ces deux éléments dont leurs tissus sont principalement construits.

Cette transformation d'ondulations éthérées en arrangements moléculaires instables dont le renversement met en liberté les forces emmagasinées, sous de nouvelles formes, est une opération qui sert de base à tous les phénomènes organiques. Nous ferons bien de nous arrêter un moment pour considérer s'il n'est pas possible de serrer de plus près l'interprétation de cette opération. Certaines découvertes récemment faites dans la physique moléculaire nous serviront de fil conducteur pour en pénétrer l'essence.

Les éléments dont se compose le problème sont les faits suivants : les atomes de diverses matières pondérables existent à l'état de combinaisons : ceux qui sont combinés ont les uns pour les autres une forte affinité, mais ils ont aussi une affinité moins forte pour d'autres atomes environnants engagés dans d'autres combinaisons. Les atomes unis en vertu de cette forte affinité, et mêlés à d'autres auxquels ils sont susceptibles de s'unir, sont exposés aux ondulations d'un milieu relativement rare au point qu'il semble impondérable. Ces ondulations sont de deux espèces : elles diffèrent beaucoup par la longueur, ou par la fréquence avec laquelle elles reviennent à un point donné. Sous l'influence d'ondulations d'une certaine fréquence, certains atomes quittent des atomes pour lesquels ils ont une forte affinité et se joignent à d'autres pour lesquels ils ont une affinité faible. C'est-à-dire que des ondes particulières d'une matière relativement impondérable déplacent certains atomes de leurs combinaisons, et les engagent dans des combinaisons nou-

velles. Or les découvertes de Bunsen et de Kirchoff sur l'absorption de certaines ondulations luminifères par les vapeurs de certaines substances, appuyées par celles du professeur Tyndall sur l'absorption de la chaleur par des gaz, montrent clairement que les atomes de chaque substance sont en harmonie avec les ondes d'éther d'une certaine longueur, par le nombre des vibrations ou bien par la vitesse de récurrence. Chaque espèce particulière d'atomes peut être mise en oscillation par une espèce particulière d'onde d'éther, qui disparaît absorbée en produisant l'oscillation des atomes; réciproquement les atomes peuvent par leurs oscillations engendrer ce même ordre d'ondes d'éther. D'où il résulte que malgré l'immense différence qui sépare la densité de l'éther de la matière pondérable, les ondes de l'un peuvent mettre les ondes de l'autre en mouvement quand les chocs des ondes se trouvent réglés par une mesure qui corresponde avec les oscillations des atomes. Dans ce cas, les effets des ondes sont cumulatifs; et chaque atome acquiert graduellement un moment composé d'un nombre incalculable de moments infinitésimaux. Considérez de plus qu'à moins que les nombres d'un atome chimiquement composé ne soient liés de manière à rendre tout mouvement impossible (supposition en désaccord avec les conceptions de la science moderne) nous sommes obligés d'admettre qu'ils sont susceptibles de vibrer à l'unisson ou en harmonie avec ces mêmes espèces d'ondes éthérées qui les affectent quand ils sont libres de toute combinaison. D'un côté l'atome composé aura comme unité un nouveau coefficient d'oscillation déterminé par ses attributs comme unité; d'un autre côté les éléments conserveront leurs coefficients originels d'oscillation, soumis seulement à des modifications par influence réciproque. Dans ces conditions nous

continuellement actif que la vie suppose ne pourrait subsister. D'autre part, sans l'union de ces éléments extrêmement mobiles en des composés immensément complexes, dont les atomes relativement vastes qui les composent sont rendus relativement immobiles par leur inertie, la fixité mécanique qui empêche les éléments des tissus vivants de se diffuser en même temps que les produits usés qui résultent de la décomposition des tissus, ne pourrait se constituer.

§ 9. — Ainsi dans les substances dont les organismes sont composés, les conditions nécessaires à la redistribution de matière et de mouvement qui constitue l'évolution se trouvent remplies bien plus qu'il ne semble.

Les affinités mutuelles des principaux éléments organiques ne sont pas actives dans les limites des températures où les actions organiques se produisent, et l'un de ces éléments a pour caractère spécial son indifférence chimique. Les composés formés par ces éléments en s'élevant dans l'échelle de la complexité, deviennent progressivement moins stables. Les composés plus complexes où ces quatre éléments entrent en même temps que les composés de deux autres éléments qui s'oxydent très-rapidement, ont une si grande instabilité, que la décomposition s'opère sous les conditions atmosphériques ordinaires.

Les éléments dont les corps vivants sont construits ont une tendance exceptionnelle à s'unir en multiples, et à former des groupes de produits qui ont les mêmes éléments chimiques, mais qui, différant par le mode d'agrégation, possèdent des propriétés différentes. L'isomérisme et le polymérisme qui y dominent montrent d'une autre façon l'aptitude des substances organiques à subir des redistributions.

Dans les composés très-complexes qui sont les organes

des actions vitales, il existe un genre et un degré de mobilité moléculaire qui constitue la qualité plastique qui les rend propres à l'organisation. Au lieu de l'extrême mobilité moléculaire possédée par trois des quatre éléments organiques quand ils ne sont pas engagés en combinaison, au lieu de la mobilité moléculaire diminuée, mais grande encore, possédée par leurs combinaisons plus simples, que leur nature gazeuse et liquide rend impropres à manifester quelque peu l'opération de l'évolution; au lieu des propriétés de leurs combinaisons moins simples, qui lorsqu'elles ne sont pas rendues par trop mobiles par la chaleur, prennent la forme par trop rigide de cristaux, nous trouvons dans les colloïdes dont les organismes sont en grande partie composés, le compromis qui convient entre la fluidité et la liquidité. On ne peut les réduire aux conditions par trop mobiles des liquides et des gaz, et pourtant ils ne prennent pas l'état par trop fixe des solides. Comme ils n'ont pas le pouvoir de s'unir entre eux en des arrangements polaires, leurs atomes restent doués d'une certaine liberté relative de mouvement qui les rend sensibles aux petites forces, et les agrégats qui en sont composés possèdent la plasticité.

Tandis que la grande inertie de ces atomes organiques grands et complexes, ne leur permet pas de recevoir le mouvement des ondulations, de l'éther, et les réduit à des formes d'agrégation moins cohérentes, il y a lieu de penser que cette même inertie facilite les changements d'arrangement entre leurs atomes constituants, puisque dans la proportion où une force incidente n'imprime qu'un faible mouvement sur une masse, elle n'en est que plus capable d'imprimer du mouvement aux parties de la masse en relation les unes avec les autres. Il est encore plus probable que les contrastes

extrêmes que présentent les divers éléments des atomes très-complexes au point de vue de la mobilité moléculaire, contribuent à rendre modifiables les mouvements de ces atomes.

Enfin, la grande différence qui existe entre la diffusibilité des colloïdes et celle des cristalloïdes permet dans les tissus des organismes une redistribution singulièrement rapide de matière et de mouvement; à la fois parce que les colloïdes, facilement perméables par les cristalloïdes, peuvent subir l'action chimique dans toutes les parties de leur masse, au lieu de n'y être exposés que par leur surface. De plus, les produits de décomposition étant aussi des cristalloïdes, ils peuvent s'éliminer aussitôt que produits pour faire place à des transformations nouvelles analogues. De sorte que tandis que les atomes composites dont les tissus organiques sont formés possèdent une faible mobilité moléculaire qui les rend propres aux opérations qui exigent de la plasticité, il résulte de l'extrême mobilité de leurs constituants irréductibles, que les produits usés de l'activité vitale s'échappent aussitôt qu'ils sont formés.

Ajoutez que la chaleur, ou la vibration moléculaire augmentée, où se maintiennent les organismes supérieurs, augmente encore la facilité des redistributions, non-seulement en aidant les changements chimiques, mais en accélérant la diffusion des substances cristalloïdes.

amplitude que la cohésion des atomes unis se trouve affaiblie, en même temps que ces oscillations amènent l'un d'entre eux dans la sphère d'action d'autres atomes avec lesquels il se combine. C'est de cette façon seulement qu'il semble possible qu'une telle force produise un tel transfert. De plus, en même temps que nous sommes mis en état de concevoir comment la lumière opère ces changements moléculaires, nous acquérons la connaissance de la méthode par laquelle les mouvements insensibles qui nous arrivent du soleil se trouvent emmagasinés de façon à engendrer plus tard des mouvements sensibles. C'est l'accumulation de chocs infinitésimaux qui fait entrer en oscillation les atomes de matière pondérable. La quantité de mouvement que chacun d'eux vient à acquérir, le fait passer à une position d'équilibre instable, d'où il sera plus tard aisément déplacé. Quand il le sera, en même temps que les autres atomes pareillement et simultanément affectés, tout le mouvement qui s'était préalablement imprimé sur lui se dégagera subitement.

Mais laissons de côté la spéculation; ce qu'il nous importe de noter, c'est le grand fait que la lumière est un agent universel de changement dans les substances organiques. Il n'est pas nécessaire que nous déterminions *comment* la lumière produit ces compositions et ces décompositions, il est nécessaire seulement d'observer qu'elle les *produit :* que la substance caractéristique appelée chorophylle, qui donne aux feuilles des plantes leur couleur verte fait son apparition toutes les fois que les pousses pâlies des plantes se trouvent exposées au soleil; que les pétales des fleurs, incolores dans le bouton, acquièrent leurs brillantes couleurs dès qu'elles sont épanouies; et qu'à la surface externe des animaux sont induits des changements analogues. Ces faits nous donnent de larges inductions qui nous suffisent pour le moment.

§ 14. — Nous arrivons maintenant à la force qui l'emporte sur toutes celles qui opèrent des changements dans la matière organique, à savoir l'affinité chimique. Avec quelle rapidité les substances animales et végétales se trouvent modifiées par d'autres qui sont mises en contact avec elles, nous en voyons chaque jour des exemples. Outre les nombreux composés qui causent la mort de l'organisme au sein duquel ils sont introduits, il en existe un grand nombre qui opèrent de ces effets plus doux appelés médicaux, effets qui impliquent, comme les autres, des réarrangements moléculaires. Même on peut dire qu'il n'est guère de composé chimique soluble, naturel et artificiel, qui, ingéré dans le corps, ne produise des changements dont les effets sont plus ou moins apparents.

D'après ce que nous avons vu dans le dernier chapitre, il est manifeste que l'extrême altérabilité de la matière organique par les forces chimiques est la principale cause de ces réarrangements moléculaires actifs que les organismes, et spécialement les organismes animaux, nous présentent. Dans les deux fonctions fondamentales de nutrition et de respiration, nous voyons les moyens qui servent à assurer l'approvisionnement de matériaux destinés à ce réarrangement moléculaire actif.

En effet, l'opération de la nutrition animale consiste dans l'absorption d'une part de substances complexes, en état par là même de subir des altérations chimiques, et d'autre part de substances plus simples, susceptibles de les leur faire subir. Les tissus contiennent toujours de petites quantités de sels alcalins et terreux, qui pénètrent sous une forme dans l'organisme et en sont rejetés sous une autre. Bien que nous ne sachions pas le rôle spécifique que jouent ces sels, nous pouvons pourtant de leur présence et des

transformations qu'ils subissent dans le corps, conclure sans témérité que leurs affinités chimiques concourent à effectuer quelques-unes des métamorphoses qui ne cessent de s'opérer.

Mais la substance inorganique de laquelle dépendent ces métamorphoses de la substance organique, n'est pas absorbée en même temps que les aliments solides et liquides; elle est absorbée aux dépens du milieu ambiant, air ou eau, selon les circonstances. Que l'oxygène absorbé, soit par la surface générale comme chez les animaux inférieurs, soit par les organes respiratoires, comme chez les animaux supérieurs, constitue la principale cause des changements moléculaires qui ne cessent de s'opérer dans les tissus vivants, ou bien que, réduit au rôle de balayeur, il se borne à favoriser ces changements en emportant le produit des décompositions accomplies par un autre agent, il n'en reste pas moins vrai que ces changements sont entretenus par son intervention. Que l'oxygène absorbé et diffusé dans toute l'étendue de l'organisme effectue une oxydation directe des colloïdes organiques qu'il traverse ou qu'il détermine d'abord la formation de composés plus simples et plus oxydés, qui subissent plus tard une oxydation plus avancée et se trouvent ramenés à des formes plus simples, cela importe peu au point de vue du résultat général. En tout cas, il est certain que les substances dont le corps animal est composé y pénètrent sous un état d'une faible oxydation et très-instable, et que la plupart l'abandonnent sous un état d'oxydation complète et stable. Il s'en suit donc que quels que soient les changements spéciaux accomplis, l'opération générale est un passage d'un état d'équilibre chimique instable à un état d'équilibre chimique stable. Que cette opération soit directe ou indirecte, la somme du réarrangement moléculaire et celle du mouve-

ment dégagé pendant le réarrangement doivent être les mêmes.

§ 15. — Il y a une autre espèce de redistribution des unités composantes des organismes qui n'est pas uniquement effectuée par les affinités des unités qui y sont comprises, mais par d'autres affinités, et c'est une raison de penser que la redistribution qui s'opère de la sorte est d'une grande importance si elle n'est pas la plus importante de toutes. Dans les circonstances ordinaires où s'exerce l'action chimique, les substances, au nombre de deux, ou plus nombreuses qui y prennent part, subissent elles-mêmes, des changements de réarrangement moléculaire; et les changements sont limités aux substances mêmes. Mais il est d'autres circonstances où l'action chimique qui s'opère ne s'arrête pas aux substances d'abord engagées; elle met en train des actions chimiques, des changements d'arrangement moléculaire dans les substances ambiantes, qui sans cela seraient demeurées en repos. Il y a encore d'autres cas où le simple contact avec une substance en repos elle-même est la cause qui fait subir à d'autres substances des métamorphoses rapides. Dans la fermentation nous voyons un exemple de la première espèce de ce genre d'action chimique communiquée. Une partie de levûre, tout en subissant elle-même des changements moléculaires, convertira 100 parties de sucre en alcool et en acide carbonique; tout le temps qu'elle met à se décomposer, une partie de diastase « est capable d'effectuer la transformation de plus de 1000 parties de son poids d'amidon en sucre. » Comme exemples de la seconde espèce, on peut mentionner les changements subitement produits dans bon nombre de colloïdes par des parties ténues de diverses substances qui s'y ajoutent, substances qui ne

subissent aucune transformation manifeste et qui ne subissent aucun effet appréciable du contact. La nature de la première de ces deux espèces de changement moléculaire communiqué, qui concerne d'une manière spéciale notre étude, se trouve représentée d'une façon grossière par des changements visibles communiqués de masse à masse, quand une série de masses a été arrangée d'une façon spéciale. L'exemple le plus simple est celui que nous offre un jeu d'enfant qui consiste à dresser des briques sur le petit côté, à les aligner en les rangeant de telle manière que lorsque la première est renversée elle renverse la seconde, la seconde la troisième. la troisième la quatrième, et ainsi de suite jusqu'au bout de la rangée. Cet exemple nous montre un certain nombre d'unités placées chacune dans un état d'équilibre instable, et disposées les unes par rapport aux autres de telle sorte que chacune en passant à un état d'équilibre stable donne une impulsion à la voisine, qui suffit pour la faire passer ainsi de son état d'équilibre instable à un état d'équilibre stable. Or, puisque dans un mélange d'atomes composés aucun atome ne peut subir de changement dans l'arrangement de ses parties sans qu'il existe un mouvement moléculaire qui doive causer quelque dérangement dans le voisinage, et puisqu'un atome adjacent dérangé par ce mouvement communiqué peut subir une altération dans l'arrangement de ses molécules constituantes, si cet arrangement n'est pas stable; enfin, puisque nous savons que les atomes soumis au déplacement par cette force dite catalyse sont *instables*, et que ceux qui résultent du déplacement sont *plus stables*, il nous paraît probable que la transformation est réellement analogue en principe à l'exemple familier que nous avons donné. Que ce mode d'interprétation convienne ou non, il y a bien des raisons de penser qu'à ce genre d'ac-

tion se rapporte la production d'un grand nombre de métamorphoses vitales. Examinons les divers groupes de faits qui suggèrent cette conclusion.

Dans le dernier chapitre (§ 2) nous avons remarqué incidemment l'extrême instabilité des composés azotés en général. Nous avons vu que plusieurs de ces composés sont susceptibles de détoner sous l'influence la plus légère, quelquefois sans cause apparente; que, parmi les autres, la grande majorité est très-facilement décomposée par la chaleur et par d'autres substances. Nous apercevrons la signification importante de ce caractère général, si nous le rapprochons du fait que les substances capables de mettre en branle des changements moléculaires étendus de la façon que nous avons décrite plus haut, sont toutes azotées. La levûre est formée de cellules végétales contenant de l'azote, qui croissent en absorbant la matière azotée du moût. Pareillement, le cryptogame appelé *Torula cervisiæ* qui facilite si activement la formation de l'acide acétique aux dépens de l'alcool, est un mycoderme, qui, sans doute, comme tous ceux de sa classe, est riche en azote. La diastase par laquelle s'effectue la transformation de l'amidon en sucre, pendant la germination de l'orge, est aussi un corps azoté. De même la substance appelée synaptase, principe albumineux contenu dans les amandes, qui a la propriété d'opérer plusieurs métamorphoses dans les matières auxquelles il est associé. Ces composés azotés comme les autres de la même famille sont remarquables par la rapidité avec laquelle ils se décomposent, et les changements étendus qu'ils produisent dans les oxyhydrocarbures qui les accompagnent varient de caractère selon que les décompositions des ferments varient de degré. Nous avons encore à noter un fait qui a un sens pour nous, ce sont les contrastes chimiques entre les organismes qui

entretiennent leurs fonctions à l'aide de forces extérieures, et ceux qui les entretiennent à l'aide de forces dégagées au dedans d'eux-mêmes. En comparant les animaux et les plantes, nous voyons que tandis que les plantes, ayant pour caractère comme classe de ne contenir que peu d'azote, dépendent des rayons du soleil et en tirent leur activité vitale, les animaux au contraire, dont les forces vitales ne dépendent pas de la même source, se composent principalement de substances azotées. Toutefois il existe une exception marquée à cette profonde distinction; et cette exception est particulièrement instructive. Parmi les plantes, il est un groupe considérable, les champignons, dont un grand nombre d'espèces, sinon toutes, peuvent vivre et pousser dans l'obscurité, et qui présentent cette particularité d'être bien plus azotées que d'autres plantes. Nous trouvons encore un troisième ordre de faits d'une signification analogue quand nous comparons les diverses parties d'un même organisme. La semence d'une plante contient de la substance azotée en plus grande proportion que le reste de la plante; la semence diffère du reste de la plante par son aptitude à mettre en train, en l'absence de la lumière, des changements vitaux étendus, ceux qui constituent la germination. Pareillement dans le corps des animaux les parties qui entretiennent les fonctions actives sont azotées, tandis que celles qui ne le sont pas, les dépôts de graisse par exemple, n'entretiennent aucune fonction active; la transformation appelée dégénération graisseuse étant l'accompagnement de la perte de la vitalité. Voici encore un fait qui peut servir à éclairer davantage le sens des précédents, à savoir que dans aucune partie de l'organisme où des changements vitaux s'opèrent la substance azotée n'est complétement absente. On dit communément que les plantes, ou du moins toutes les parties des plantes moins

les semences sont non-azotées. Cela n'est vrai que relativement et non absolument. La quantité de substance albuminoïde contenue dans les tissus des plantes est extrêmement petite comparée à la quantité qu'en contiennent les tissus des animaux; mais tous les tissus végétaux qui accomplissent des fonctions actives, contiennent quelque substance albuminoïde. Dans toute cellule végétale vivante, il y a une certaine partie qui contient de l'azote. Cette partie sert de point de départ aux changements qui constituent le développement de la cellule. Si l'on ne peut pas dire que l'*utricule primordial*, comme on appelle cette partie azotée, est l'auteur de tous les mouvements subséquents subis par la cellule, il n'en demeure pas moins la partie où l'activité indépendante est la plus marquée.

Est-ce que du rapprochement de ces faits nous ne tirons pas une idée du rôle joué par la substance azotée dans les changements organiques? Nous voyons que les composés azotés en général sont très-prompts à se décomposer, et que leur décomposition implique souvent un dégagement subit et considérable de force. Nous voyons que les substances appelées ferments qui durant leurs propres changements moléculaires mettent en train des changements moléculaires dans les oxyhydrocarbures qui les accompagnent, sont toutes azotées. Nous voyons que chez les organismes et dans les parties de chaque organisme, il y a une relation entre la somme de substance azotée présente et la somme d'activité indépendante. Nous voyons encore que même dans les organismes et les parties d'organismes où l'activité est moindre, les changements qui s'opèrent sont mis en mouvement par une substance contenant de l'azote. Est-ce qu'il ne semble pas probable que ces composés extrêmement instables ont partout pour effet de communiquer aux composés les moins

instables qui leur sont associés des mouvements moléculaires qui les conduisent à un état stable, comme ceux qu'ils subissent eux-mêmes? Les changements que d'après cette supposition la matière azotée produit dans un corps, sont évidemment analogues à ceux que nous la voyons produire hors du corps. Hors du corps, certains oxyhydrocarbures en contact continu avec la matière azotée sont transformés en acide carbonique et en alcool, et à moins d'un obstacle qui s'y oppose l'alcool est transformé en acide acétique; les substances formées se trouvant plus oxydées et plus stables que les substances détruites. Dans le corps ces mêmes oxyhydrocarbures et quelques hydrocarbures, en contact continu avec la matière azotée, sont transformés en acide carbonique et en eau : substances qui sont aussi plus oxydées et plus stables que celles dont elles proviennent. Puisque l'acide acétique lui-même se résout par une oxydation plus avancée en acide carbonique et en eau, nous voyons que la principale différence entre les deux cas consiste en ce que l'opération s'effectue plus complétement dans le corps que hors du corps (1). Si donc nous poussons plus loin la similitude dont nous avons fait usage plus haut, les atomes des oxyhydrocarbures et des hydrocarbures contenus dans les tissus sont, comme les briques dressées, placées dans un équilibre qui n'est pas le plus stable, mais pourtant dans un équilibre si stable, qu'ils ne sauraient être renversés par

(1) Ne ferait-on pas bien de rechercher si l'alcool n'est pas plus ou moins transformé dans le corps en acide acétique? Si, mis en contact avec de la matière azotée en voie de changement, en présence de l'oxygène, l'alcool subit cette transformation hors du corps, il ne semble pas improbable qu'il se comporte de même dans le corps, par la raison surtout que la température élevée qui favorise le changement dans un cas existe aussi dans l'autre. Il est hors de propos de rapporter ici les divers faits qui appuient cette hypothèse. Tout ce que je puis dire, c'est qu'ils semblent écarter quelques-unes des difficultés qui pour le moment embarrassent la question.

les forces chimiques et thermiques que le corps fait agir sur eux. D'autre part, se trouvant comme les briques rangées pareillement et portant sur une base très-étroite, les atomes azotés contenus dans les tissus sont dans un équilibre si instable, qu'ils ne peuvent résister à ces forces. Quand ces atomes azotés délicatement posés en équilibre tombent en des arrangements stables, ils donnent une impulsion aux atomes non azotés plus fermement posés en équilibre qui les fait aussi tomber dans des arrangements stables. Un fait curieux et significatif, c'est que dans les arts nous ne nous contentons pas d'utiliser ce même principe de mettre en mouvement des changements étendus dans des composés comparativement stables, à l'aide de composés beaucoup moins stables; mais que nous employons pour cela des composés de la même classe. La méthode moderne de mettre le feu à une pièce de canon consiste à placer tout près de la poudre que l'on veut décomposer et faire détoner, une petite quantité de poudre fulminante qui se décompose et détone avec une extrême facilité, et qui en se décomposant communique le mouvement moléculaire qu'elle met en liberté à la poudre à canon qui se décompose moins aisément. Si nous demandons la composition de cette poudre fulminante, on nous répond que c'est un sel azoté.

Ainsi diverses preuves nous amènent à conclure qu'outre les réarrangements moléculaires produits dans la substance organique par l'action chimique directe, il y en a d'autres d'une importance analogue qui sont produits par l'action chimique indirecte. Il paraît même que la conclusion que certaines transformations parmi les principales qui se produisent dans l'organisme animal sont dues à cette force dite catalyse, nous est imposée par l'aspect général des faits, indépendamment des interprétations détaillées que nous en avons pu donner.

Nous savons que les diverses substances amylacées et sucrées prises comme aliment subissent une décomposition dans leur course à travers le corps. Nous savons que ces substances ne passent pas dans les tissus comme éléments de leur composition, mais seulement dans les fluides qui les pénètrent; et par conséquent que leur métamorphose n'est pas un résultat immédiat des activités organiques. Nous savons que leur stabilité est telle que les forces thermiques et chimiques auxquelles ces substances sont exposées dans les corps, ne peuvent les décomposer. La seule explication qui s'offre à nous, c'est donc que la transformation de ces oxyhydrocarbures, en acide carbonique et en eau, est due à une action chimique communiquée.

§ 16. Ce chapitre aura rempli son but s'il a donné une idée de l'extrême facilité avec laquelle la matière organique se modifie sous l'action des forces ambiantes. Lors même que l'espace le permettrait, il serait inutile de décrire en détail les changements immensément variés et compliqués que les forces à l'action desquelles elle est soumise à chaque instant opèrent dans les corps vivants. Nous traitons de la biologie dans ses grands principes, et il nous suffit de noter jusqu'où va la sensibilité spéciale des substances dont les organismes sont construits, pour les diverses influences qui agissent sur eux. Nous avons suffisamment mis en lumière leur sensibilité spéciale dans les pages qui précèdent.

CHAPITRE III

RÉACTION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE SUR LES FORCES.

§ 17. Les redistributions de la matière supposent des redistributions concomitantes du mouvement. Le changement que nous considérons à un certain point de vue comme une altération de l'arrangement des parties d'un corps, est, à un autre point de vue corrélatif du premier, une altération de l'arrangement de certains moments par lesquels ces parties sont contraintes de prendre de nouvelles positions. En même temps qu'une force, agissant différemment sur les différentes unités d'un agrégat, change les relations que ces unités soutiennent entre elles, celles-ci, réagissant différemment sur les différentes unités de la force, opèrent des changements équivalents dans les relations de ces forces l'une sur l'autre. Inséparablement unis, ces deux ordres de phénomènes sont exposés à être confondus ensemble. Cependant il est très-nécessaire de les distinguer. Dans le dernier chapitre nous avons fait un examen rapide des redistributions que les forces opèrent dans la matière organique; dans celui-ci nous devons faire un examen semblable des redistributions simultanées subies par les forces.

Au début nous rencontrons une difficulté. Les parties

d'une masse inorganique qui subissent un réarrangement par l'effet d'une force incidente, sont, dans la plupart des cas, passives, et ne compliquent pas les réactions nécessaires qui résultent de leur inertie, par d'autres forces qu'elles créent. Mais, dans la matière organique, les parties réarrangées ne réagissent pas uniquement en vertu de leur inertie : elles sont constituées de sorte que la force incidente mette ordinairement en jeu en elles d'autres mouvements plus importants. Ajoutons même que ces réactions que nous pouvons appeler indirectes, qui sont dues à cette cause, sont tellement grandes comparées aux réactions directes, qu'elles les offusquent complétement.

Rigoureusement parlant, il ne faudrait pas traiter en même temps ces deux genres de réaction. Mais, comme il est impossible de les séparer, nous sommes forcés de ne pas enir compte de la distinction qui les sépare. Sous le titre général que nous avons donné à ce chapitre, nous devons comprendre à la fois les réactions immédiates et celles qui sont produites médiatement, lesquelles prennent place parmi les phénomènes vitaux les plus remarquables.

§ 18. De la matière organique, comme de toutes les autres matières, les forces incidentes font sortir la réaction que nous appelons chaleur. Quand aux forces en action dans les molécules d'un agrégat, d'autres forces viennent s'ajouter, il en résulte à peu près nécessairement plus ou moins de vibrations moléculaires. L'expérience le démontre à propos des masses inorganiques par des faits abondants ; et cela doit être également vrai dans le cas des masses organiques. Dans les deux cas la force qui, plus nettement que toute autre, produit cette réaction thermique est celle qui produit l'union de différentes substances entre elles. Les corps inani-

més, il est vrai, sont susceptibles d'être portés à une haute température par la pression et par un courant électrique, mais les dégagements de chaleur dus à ces causes ne sont ni aussi communs, ni dans la plupart des cas aussi frappants, que ceux qui résultent de la combinaison chimique. Quoique dans les corps animés il y ait sans doute certaines quantités de chaleur engendrées par d'autres actions, elles le cèdent toujours aux dégagements de chaleur engendrés par l'action de l'oxygène sur les substances qui composent les tissus et sur celles qui y sont contenues. Ici, cependant, nous rencontrons une des distinctions caractéristiques entre les corps bruts, et les corps animés. Parmi les premiers, il n'en est guère qui se trouvent habituellement dans une condition à dégager de la chaleur sous l'influence d'une combinaison chimique; et ceux qui s'y trouvent cessent d'y être quand une fois la combinaison chimique et la production de chaleur y ont commencé. Au contraire chez les seconds il existe universellement une aptitude plus ou moins marquée à dégager de la chaleur sous cette influence; et aussi longtemps qu'ils restent des corps animés, ils continuent à dégager de la chaleur, très-légèrement dans quelques cas et jamais beaucoup.

Le rapport qui existe entre le changement actif de matière et la genèse réactive de vibration atomique est nettement manifesté par le contraste entre différents organismes et entre les états différents et les différentes parties d'un même organisme. Dans les plantes, la genèse de chaleur est extrêmement faible, et en correspondance avec la quantité extrêmement petite d'acide carbonique qu'elles produisent : les fleurs et les semences en voie de germination seulement, où s'effectue une oxydation considérable, ont une température décidément élevée. Parmi les animaux, nous voyons que les

animaux à sang chaud dépensent beaucoup de force et respirent activement. Si les insectes ne sont guère plus chauds que l'air ambiant quand ils sont en repos, leur température s'élève de quelques degrés au-dessus de celle de l'air, quand ils agissent. Chez nous, qui entretenons habituellement une chaleur bien plus grande que celle du milieu où nous sommes plongés, l'exercice s'accompagne d'une production de chaleur, qui prend même souvent de fâcheuses proportions.

L'agitation moléculaire qui accompagne les réarrangements moléculaires causés par l'oxygène introduit dans l'organisme animal, doit résulter à la fois de l'union de l'oxygène avec les substances azotées dont les tissus sont composés, et de son union avec les substances non azotées répandues dans l'épaisseur des tissus. L'oxydation de ces substances dans le corps doit donner lieu exactement à la même quantité de chaleur que leur oxydation hors du corps. Dans un cas comme dans l'autre, la chaleur doit être regardée comme une conséquence. Vraie ou non en un sens plus étroit, la distinction tracée par Liebig entre les substances azotées qu'il divisait en aliments de tissus et aliments de chaleur, ne saurait être admise si l'on entend par là que l'aliment de tissus n'est pas aussi un aliment de chaleur. Ce n'est pas il est vrai dans ce sens qu'il affirme sa distinction. L'aptitude des carnivores à vivre et à engendrer de la chaleur en consumant des matières à peu près exclusivement azotées pour ne rien dire de la relation constante que nous avons déjà fait remarquer entre l'activité fonctionnelle et le dégagement de chaleur, suffit à prouver que les composés azotés qui entrent dans la composition des tissus sont des producteurs de chaleur, aussi bien que les composés non azotés qui circulent autour et à l'intérieur des tissus. Seulement il se pourrait que cette antithèse ne fût pas vraie même au sens restreint. C'est une hypothèse

tout à fait probable, que les hydrocarbures et les oxyhydrocarbures qui, en traversant l'économie, sont transformés par action chimique communiquée, dégagent durant leur transformation, non pas de la chaleur seule, mais aussi des forces d'un autre genre. Il serait possible que la substance azotée, en prenant un arrangement plus stable engendrât à la fois l'agitation moléculaire appelée chaleur et d'autres mouvements moléculaires qui se résolvent en forces dépensées par l'organisme; de même pour la substance non azotée. Peut-être les conséquences de la métamorphose de la substance non azotée varient-elles avec les conditions. Peut-être ne se produit-il que de la chaleur quand cette substance subit la transformation, tandis qu'elle se trouve dans les fluides circulants; mais peut-être aussi se produit-il en partie de la chaleur, en partie une autre force, quand elle est transformée en un tissu actif qui l'a absorbée : comme par exemple le charbon qui ne produit guère que de la chaleur quand il brûle dans les conditions ordinaires, mais dont la chaleur se transforme en partie en mouvement mécanique quand il brûle dans le fourneau d'une machine à vapeur. Dans ce cas l'antithèse de Liebig se réduirait à ceci : La substance azotée est aliment de tissu *à la fois* comme matière pour la construction du tissu et comme matière pour sa fonction, et la substance non azotée est aliment de tissu *seulement* comme matière pour sa fonction.

Il ne saurait y avoir doute que cette réaction thermique que l'action chimique produit de moment en moment dans le corps, ne soit à chaque instant un adjuvant pour de nouvelles actions chimiques. Nous avons vu (*Premiers principes*, § 103) qu'un état de vibration moléculaire élevé est favorable aux redistributions de matière et de mouvement qui constituent l'évolution. Nous avons vu que dans les organismes qui se

distinguent par la quantité et la rapidité de ces redistributions, cet état élevé de vibration moléculaire est frappant. Nous voyons maintenant que cet état élevé de vibration moléculaire est une conséquence incessante des redistributions moléculaires incessantes qu'il facilite. La chaleur engendrée par tout accroissement de changement chimique rend possible l'accroissement de changement chimique qui lui succède. Dans le corps, les phénomènes sont liés par la même relation que nous observons hors du corps. Comme dans un morceau de bois qui brûle, la chaleur dégagée par la partie qui se combine actuellement avec l'oxygène, élève la partie voisine à la température qui lui permettra de s'unir à son tour avec l'oxygène, de même dans un animal vivant, la chaleur produite par l'oxydation de chaque partie de tissu, entretient la température à laquelle les parties non encore oxydées pourront subir l'oxydation.

§ 19. Parmi les forces dégagées des organismes par réaction contre les actions auxquelles elles sont soumises, nous trouvons la lumière. Dans quelques cas les plantes manifestent de la phosphorescence, surtout certains champignons. Chez les animaux, la phosphorescence est relativement commune. Tout le monde sait qu'il y a diverses espèces d'insectes lumineux; et l'on sait très-bien que la phosphorescence est le caractère de plusieurs habitants des mers.

Bien des preuves tendent à montrer que ce dégagement de lumière est un résultat de l'oxydation des tissus. La lumière comme la chaleur est l'expression d'un état élevé de vibration moléculaire. La différence qui les sépare consiste dans le nombre des vibrations. On comprend que l'action chimique en s'exerçant sur les substances contenues dans l'organisme, produise de la chaleur ou de la lumière suivant

le caractère des vibrations moléculaires résultantes. Toutefois nous ne devons pas faire porter sur des raisons *à priori* la conclusion que l'oxydation est la cause de la phosphorescence. Nous avons en sa faveur des preuves expérimentales. Chez les insectes phosphorescents, on voit que la continuation du dégagement de lumière dépend de celle de la respiration; et l'on sait que tout effort qui rend la respiration plus active, accroît l'éclat de la lumière. De plus, en séparant la substance lumineuse, Matteucci a montré que l'émission de la lumière s'accompagne d'absorption d'oxygène et de dégagement d'acide carbonique. On a rapporté la phosphorescence des animaux de la mer à d'autres causes que l'oxydation. Cependant, dans certains cas, je la crois explicable sans le secours d'une nouvelle force. Si nous examinons des êtres du genre *noctiluca*, par exemple, chez lesquels on observe communément la phosphorescence sur les côtes de la Grande-Bretagne, et que nous recherchions ce qui la cause, nous voyons que chez ces animaux la circulation ne saurait être constante, et nous pouvons conclure que les mouvements des fluides aérés à travers leurs tissus doivent être grandement affectés par des chocs venus du dehors. Il est donc possible que les étincelles qui se montrent la nuit quand les vagues se brisent doucement sur la plage, ou quand on plonge un aviron dans l'eau, soient tirées de ces êtres par le choc, non par une influence inconnue qu'il excite, mais parce que propagé à travers leurs tissus délicats, il produit un mouvement soudain des fluides et un accroissement soudain de l'action chimique. Néanmoins chez d'autres animaux phosphorescents qui habitent la mer, comme dans le *pyrosoma* et certains *annélides*, il semble que la lumière soit réellement produite, non par réaction directe sur l'action de l'oxygène, mais par quelque réaction indirecte impliquant une transformation de force.

§ 20. Les redistributions de matière en général s'accompagnent de troubles électriques ; et nous avons plus de preuves qu'il n'en faut que l'électricité prend naissance durant les redistributions qui s'opèrent incessamment au sein de l'organisme. L'expérience a fait voir que « la peau et la plupart des membranes se trouvent dans des états électriques opposés » ; et aussi qu'entre les deux organes internes, tels que le foie et l'estomac, il y a des contrastes électriques, contrastes qui sont le plus marqués quand les opérations accomplies dans les parties soumises à la comparaison sont le plus différentes. Il a été prouvé par M. du Bois-Reymond que lorsque un point quelconque de la section longitudinale d'un muscle est relié par un conducteur avec un point quelconque de sa section transversale, un courant électrique s'établit ; et de plus que l'on obtient un résultat semblable quand les nerfs sont substitués aux muscles. Les causes spéciales de ces phénomènes n'ont pas encore été déterminées.

Si nous considérons que les contrastes électriques sont plus marqués quand des sécrétions actives s'accomplissent ; si nous remarquons encore que les contrastes électriques n'existent pas entre les parties externes qui ont des rapports semblables avec les courants vasculaires, tandis qu'ils existent entre les parties externes qui ont des rapports dissemblables avec les courants vasculaires ; enfin si nous nous rappelons qu'il est extrêmement difficile de découvrir un point où il n'y ait aucun mouvement appréciable des fluides ; on peut admettre que ces contrastes proviennent du frottement des substances hétérogènes, cause universelle des perturbations électriques. Quelle qu'en soit l'interprétation, le fait demeure le même : il se fait dans tout l'organisme vivant une production incessante de différence entre les états électriques

des diverses parties, et en conséquence une restauration incessante de l'équilibre électrique par des courants qui s'établissent entre ces parties.

Outre ces phénomènes électriques généraux et non remarquables qui semblent communs à tous les organismes, végétaux aussi bien qu'animaux, il en est de spéciaux, de fortement marqués. Je fais allusion à ceux qui ont rendu si intéressants la torpille et le gymnote. Chez ces deux animaux nous trouvons une production d'électricité qui ne provient pas de l'accomplissement des diverses fonctions des organes différents, mais qui est elle-même une fonction avec un organe approprié à cette fonction. Le caractère de cet organe dans ces deux poissons, et les connexions très-développées qui l'unissent au système nerveux, ont fait naître l'idée, que diverses expériences ont jusqu'ici justifiée, qu'il s'y passe une transformation de la force dite nerveuse en la force appelée électricité : à l'appui de cette conclusion nous pouvons citer le fait, que les substances, telles que la morphine et la strychnine, puissants stimulants du système nerveux, accroissent grandement la violence et la rapidité des décharges électriques.

Mais qu'elles soient générales ou spéciales, et de quelque façon qu'elles se produisent, ces émissions d'électricité sont des réactions de la substance organique, évoquées par les actions auxquelles elle est soumise. Quoique ces réactions ne soient pas directes et qu'elles semblent plutôt des conséquences lointaines des changements opérés par des forces externes sur l'organisme, elles sont pourtant des résultats de la redistribution générale de mouvement à laquelle ces forces externes donnent lieu.

§ 21. A ces modes de mouvement connus, il faut en ajouter

un autre inconnu. La matière organique quand elle subit des changements émet de la chaleur, de la lumière et de l'électricité aussi bien que la matière inorganique. Mais il est une espèce de force manifestée dans certaines classes de corps vivants, que nous ne pouvons identifier avec aucune des forces manifestées par les corps bruts, à savoir une force qui nous est inconnue, en ce sens qu'elle ne peut être assimilée à aucune force reconnue par d'autres voies. Je veux parler de la force nerveuse.

La force nerveuse est engendrée dans tous les animaux, sauf les plus inférieurs, par des forces incidentes de toutes les espèces. Les contacts mécaniques légers ou violents, qui produisent en nous des sensations de tact et de pression, les additions et les soustractions de vibration moléculaire qui produisent en nous des sensations de chaud et de froid, engendrent dans toutes les créatures douées d'un système nerveux certains troubles nerveux, troubles qui, comme chez nous, ou bien sont transmis au centre nerveux principal, et y constituent la conscience, ou encore aboutissent à des opérations plus ou moins physiques qui s'exécutent ailleurs dans l'organisme. Dans les parties spéciales, les organes des sens, d'autres actions externes donnent lieu à d'autres réactions nerveuses, qui se montrent soit comme sensations spéciales, soit comme excitations, qui sans passer par l'intermédiaire de la conscience donnent naissance à des actions dans les muscles des autres organes. Outre les décharges nerveuses qui suivent l'application directe des forces externes, il y en a d'autres qui sont toujours causées par l'application de forces originairement externes, mais devenues internes par suite de l'absorption dans l'économie des agents qui les manifestent. On peut appeler ainsi les décharges nerveuses qui se font à tout

moment en conséquence des modifications des tissus opérées par des substances charriées dans leur intérieur par le sang. L'incessante transformation de substances produite par l'oxygène et d'autres agents dans toute l'étendue du système, s'accompagne d'une genèse de force nerveuse. Divers faits le prouvent. Il n'est plus engendré de force nerveuse dès que l'oxygène est supprimé, vu qu'on empêche le sang de circuler. Quand la transformation chimique diminue, par exemple pendant le sommeil, alors que la respiration et la circulation se ralentissent, la force nerveuse décroît. Une dépense excessive de force nerveuse explique une activité excessive de la respiration et de la circulation, et aussi d'une consommation excessive des tissus. A ces faits qui prouvent que la force nerveuse se développe en plus ou moins grande quantité, selon que les conditions de changements moléculaires rapides dans le corps sont bien ou mal remplies, on peut ajouter d'autres faits prouvant que certaines actions moléculaires sont les causes de ces réactions spéciales. Les effets de l'alcool, de l'éther, du chloroforme et des alcaloïdes végétaux mettent hors de doute que le renversement de l'équilibre moléculaire par l'affinité chimique, quand il vient à se produire en quelque partie du corps, aboutit au renversement de l'équilibre dans les nerfs qui viennent de cette partie, c'est-à-dire à la propagation à travers ces nerfs d'un changement appelé une décharge nerveuse. Sans doute, considérés à ce point de vue, les deux genres de modifications nerveuses, l'une venant du dehors et l'autre du dedans, ne font plus qu'un seul genre.

On peut les ramener l'un et l'autre à une métamorphose de tissu. Il n'y a guère lieu de douter que les sensations de tact et de pression soient des conséquences de changements accélérés de matière, produits par un dérangement méca-

nique du mélange de fluides et de solides qui composent la partie affectée. Il y a des preuves nombreuses que la sensation du goût est due aux actions chimiques effectuées par des particules qui pénètrent à travers la membrane qui couvre les nerfs du goût; en effet, toutes les substances sapides appartiennent, comme le professeur Graham nous l'a fait voir, à la classe des cristalloïdes, qui ont la propriété de traverser rapidement les tissus animaux, tandis que les colloïdes qui ne sauraient les traverser sont tous insipides. De même pour le sens de l'odorat. Les substances qui l'excitent sont nécessairement plus ou moins volatiles; et leur volatilité résultant de leur mobilité moléculaire, suppose qu'ils possèdent à un haut degré la propriété d'atteindre les nerfs olfactifs en pénétrant à travers leur enveloppe muqueuse. En outre, les faits avec lesquels la photographie nous a familiarisés font comprendre que les impressions nerveuses appelées couleurs sont primitivement dues à certains changements opérés par la lumière dans la substance de la rétine. Pour l'ouïe, il est vrai, nous ne pouvons pas bien voir le lien qui unit la cause et l'effet; mais nous comprenons que l'appareil auditif est disposé de manière à renforcer les vibrations qui constituent le son et à les transmettre à un réservoir où se trouve contenu un fluide qui baigne les nerfs. Il n'est guère permis de douter que la sensation de son n'ait pour cause prochaine les réarrangements anatomiques causés dans les nerfs par les vibrations du fluide de l'oreille interne, puisque nous savons que le réarrangement des atomes est en tout cas aidé par l'agitation. Toutefois la meilleure preuve que la force nerveuse, qu'elle vienne de la périphérie ou du centre, est l'effet d'une transformation chimique, c'est que la plupart des agents chimiques qui affectent puissamment le système nerveux, l'affectent quel que soit le point où ils sont appli-

qués, que ce soit à la périphérie ou au centre. Les acides, minéraux ou végétaux, sont toniques; les plus forts sont ordinairement les toniques les plus forts; et la qualité que nous appelons leur acidité suppose qu'ils ont la propriété d'agir sur les nerfs du goût, et le picotement ou la douleur qui suit leur absorption par la peau suppose que les nerfs du tact sont affectés par eux. De même pour certains alcaloïdes végétaux doués d'une amertume particulière. Cette amertume prouve que les alcaloïdes affectent les extrémités des nerfs; en même temps que par leurs propriétés toniques ils montrent qu'ils affectent les centres nerveux: le plus amer de tous, la strychnine, se trouve le stimulant nerveux le plus puissant. Il semble pourtant que cette relation ne soit pas une règle, puisque l'opium, le haschish et d'autres drogues qui produisent de grands effets sur le cerveau, ne sont pas très-sapides; il est vrai aussi qu'il y a des relations particulières entre certaines substances et certaines parties du système nerveux; mais cela ne fait que restreindre la portée de la proposition générale sans la nier. On ne peut guère douter qu'elle ne soit vraie quand, à la preuve donnée plus haut, on ajoute ce fait que divers condiments ou substances aromatiques ont la propriété de stimuler le système nerveux, et cet autre fait que les anesthésiques, outre les effets généraux qu'ils produisent, quand on les fait agir par inhalation ou à l'intérieur, amènent des effets locaux de même genre quand ils sont absorbés par la peau; enfin le fait que l'ammoniaque, laquelle, en vertu de son extrême mobilité, excite si vivement et si violemment les nerfs sous-cutanés, aussi bien ceux de la langue que ceux du nez, est un stimulant d'une action rapide quand on la prend à l'intérieur.

Saurons-nous jamais autre chose de cette force nerveuse

que ceci, à savoir que c'est un genre de dérangement moléculaire propagé d'un bout à l'autre d'un nerf? Il est impossible de le dire. Un nerf, n'est-il qu'un conducteur qui donne à l'une de ses extrémités une impulsion qu'il a reçue à l'autre, ou, comme certains le croient est-il un générateur de force qui naît à une des extrémités et s'accumule dans son cours vers l'autre? Ce sont des questions auxquelles on ne peut répondre aujourd'hui. Tout ce que nous savons, c'est que des forces capables d'opérer des changements moléculaires dans les nerfs sont capables d'en tirer des manifestations d'activité, des décharges de force, très-voisines assurément de l'électricité, mais qui ne lui sont point identiques. Ce qui nous prouve que telle est l'origine de la force nerveuse, ce sont non-seulement les faits cités plus haut, mais aussi les faits les plus concluants qui résultent d'expériences directes sur les nerfs, expériences qui montrent que la force nerveuse est engendrée quand le bout coupé d'un nerf est irrité mécaniquement, soumis à une action chimique, ou à un courant galvanique, expériences qui prouvent que la force nerveuse est dégagée par tout ce qui dérange l'équilibre moléculaire de la substance nerveuse. Pour le moment nous n'avons pas besoin d'en savoir davantage.

§ 22. Il reste à mentionner la plus importante des réactions que les actions ambiantes provoquent dans les organismes. Aux diverses formes de mouvement insensible déjà citées qu'elles causent, nous devons ajouter le mouvement sensible. De la production de ce mode de force dépend plus spécialement la possibilité des phénomènes vitaux. A la vérité, on a l'habitude de considérer la faculté d'engendrer du mouvement sensible comme limitée à l'un des deux sous-

règnes organiques, ou, au moins, comme n'appartenant qu'à un petit nombre de membres de l'autre. Toutefois en regardant de plus près à cette question, nous voyons que la vie végétale, aussi bien que la vie animale, s'accompagne naturellement de certaines manifestations de cette puissance, et que sans cela la vie végétale ne pourrait continuer.

Dans les organismes végétaux les plus humbles comme dans les plus élevés, il ne cesse de se faire des redistributions de matière. Dans les protophytes le microscope nous montre une transposition interne des parties, laquelle n'est pas toujours assez active pour être visible, mais dont l'existence est attestée par les changements d'arrangement qui deviennent manifestes après quelques heures ou quelques jours. Dans chaque cellule d'un grand nombre de végétaux supérieurs, on peut constater un mouvement actif parmi les granules qu'elle contient.

Les cryptogames supérieurs, comme les phanérogames présentent cette genèse de mouvement mécanique encore plus nettement dans la circulation de la sève. Sans doute, on pourrait conclure *à priori* que dans les plantes qui nous montrent une différenciation de parties poussée très-loin, il faut qu'il s'opère un mouvement interne; puisque sans cela la dépendance mutuelle des organes ayant des fonctions dissemblables paraîtrait impossible. Outre les fluides dont les mouvements se font à l'intérieur, les plantes, surtout celles des ordres inférieurs, sont capables de mouvoir leurs parties externes en rapport les unes avec les autres, et aussi de se mouvoir d'un endroit à un autre. Tous ceux qui ont étudié l'histoire naturelle récente en connaissent des faits nombreux : ce sont, par exemple, l'active locomotion des zoospores de plusieurs algues, les flexions rhythmiques des oscillatoriées, la progression errante des diostomacées. En

réalité un grand nombre de ces très-petits végétaux, et aussi un grand nombre de végétaux plus grands à la première période de leur existence, manifestent une activité mécanique qui ne se distingue pas de celle des animaux les plus simples. Chez les plantes bien organisées qui ne sont jamais douées de la propriété de changer de lieu dans leur état adulte, il n'est pas rare que nous rencontrions des mouvements des parties les unes par rapport aux autres. Aux cas de la sensitive et de la dionée-attrappe-mouche, que tout le monde connaît, on en peut ajouter beaucoup d'autres. Quand on irrite la base de l'étamine de l'épine-vinette, elle se penche sur le pistil et le touche. Si l'on frôle doucement avec le doigt les étamines du ciste sauvage commun, elles s'ouvrent en se courbant pour s'éloigner de l'ovaire. Certaines orchidées, comme M. Darwin l'a montré récemment, projettent des masses de pollen sur l'abeille qui entre dans la fleur, quand le corps de l'animal s'y est enfoncé à la recherche du miel.

Quoique la faculté de se mouvoir ne soit pas comme nous le voyons le caractère exclusif des animaux, cependant on voit que chez eux dans l'ensemble elle se manifeste d'une façon tellement tranchée, qu'elle équivaut en pratique à un caractère distinctif. En effet, c'est par l'aptitude immensément plus grande qu'ils possèdent d'engendrer du mouvement mécanique, que les animaux sont en état d'accomplir les actions qui constituent leur vie visible : et c'est par leur aptitude immensément plus grande à engendrer du mouvement mécanique que les ordres supérieurs d'animaux se distinguent d'une façon évidente des ordres inférieurs. Que si, en se rappelant les mouvements en apparence actifs des infusoires, l'on contestait ce dernier contraste, on ne pourrait pourtant, en comparant les quantités de matière pro-

pulsées à travers un espace donné dans un temps donné, s'empêcher de reconnaître que le moment mis en jeu est bien moindre chez les protozoaires que chez les téléozoaires. Ces mouvements sensibles d'animaux sont accomplis par divers organes sous l'influence de divers stimuli. Chez les animaux les plus inférieurs et même chez quelques-uns des plus développés qui habitent dans l'eau, le mouvement est l'effet de vibrations de cils : la locomotion résulte du mouvement des poils ondulants qui poussent à la surface de l'animal. Quelques acalèphes et les animaux d'une famille voisine, les polypes, se meuvent quand on les irrite mécaniquement. La longue tentacule pendante d'une physalie se retire subitement quand on la touche; le corps entier de l'hydre s'affaisse aussi bien que ses tentacules, quand on le froisse, ou qu'il est ébranlé par un choc produit dans le voisinage. Toutefois chez les animaux supérieurs, et à un moindre degré chez les inférieurs, le mouvement sensible est engendré par un tissu spécial sous l'excitation spéciale d'une décharge nerveuse. Sans doute, il n'est pas vrai que ces animaux ne manifestent pas de mouvement sensible par d'autres causes; puisqu'ils possèdent tous des membranes ciliées, et puisque la circulation d'un fluide à l'intérieur de leur corps provient en partie d'actions osmotiques et capillaires, mais en général on peut dire que leurs mouvements ne sont effectués que par des muscles qui se contractent seulement par l'action des nerfs.

Nous ignorons le plus souvent quelles transformations spéciales de force engendrent ces divers changements mécaniques. Les redistributions de fluides, avec les altérations de formes qui en sont quelquefois les effets, redistributions qui résultent de l'osmose, ne sont pourtant pas tout à fait incompréhensibles. Les mouvements des végétaux qui comme ceux de la plante appelée *avena sterilis* suivent le contact de l'eau avec la plante,

sont faciles à interpréter ; ceux de la balsamine des bois, du momordique élastique et des carpobolus le sont aussi. Mais rien ne nous permet de suivre la manière d'après laquelle le mouvement moléculaire se transforme chez les animaux en mouvement de masse. Nous ne pouvons ramener à des causes connues l'action rhythmique du disque d'une méduse, ou la diminution lente de volume qui s'opère dans toute la masse d'un alcyonium, quand un des individus qui concourent à le former a été irrité. Nous ne sommes pas mieux en état de dire comment le mouvement insensible transmis par un nerf donne naissance à du mouvement sensible dans un muscle. Il est vrai que la science a donné à l'art diverses méthodes pour changer le mouvement insensible en mouvement sensible. En appliquant de la chaleur à de l'eau nous la vaporisons ; puis le mouvement de sa vapeur qui se dilate, nous le transportons à de la matière solide ; mais il est clair que la genèse du mouvement musculaire n'a pas la moindre analogie avec ces exemples. Durant les transformations chimiques qui s'accomplissent dans une batterie électrique, il se développe de la force ; nous la communiquos à un aimant de fer doux au moyen d'un fil enroulé autour de l'aimant ; et l'on pourrait sans doute en plaçant côte à côte plusieurs aimants soumis à la même excitation, obtenir, par l'attraction de chaque aimant sur ses voisins, un mouvement accumulé composé de chacun de leurs mouvements et imiter de la sorte une contraction musculaire ; mais avec ce que nous savons de la substance organique et de la structure des muscles, il n'y a point de raison de supposer que la contraction musculaire ait rien d'analogue avec ce rapprochement des aimants. Nous pouvons, cependant, au moyen d'une espèce de changement moléculaire, produire des changements sensibles d'agrégation de nature à causer, dans la substance orga-

nique, quand ils y auront lieu, du mouvement sensible. Je veux parler du changement allotropique. Le soufre, par exemple, prend diverses formes cristallines et non cristallines à différentes températures; de légères variations de température peuvent le faire passer et repasser de l'une à l'autre de ces formes; et chaque fois il change de volume. Nous savons que cet allotropisme, ou mieux son analogue, l'isomérisme, se retrouve chez les colloïdes, inorganiques et organiques. Nous savons aussi que quelques-unes de ces métamorphoses chez les colloïdes, s'accompagnent de réarrangements visibles: par exemple l'acide silicique hydraté, qui, après avoir passé de son état soluble à un état de gelée insoluble, commence au bout de peu de jours à se contracter et à abandonner une partie de l'eau qu'il contient. Or, si nous considérons que ces changements isomériques des colloïdes organiques aussi bien qu'inorganiques sont souvent très-rapidement produits par des causes très-légères, il ne paraît pas impossible que des colloïdes entrant dans la composition du muscle soient modifiés dans leur volume par une décharge nerveuse, pour reprendre leur condition primitive quand la décharge cesse. L'on peut concevoir qu'en conséquence d'arrangements de structure, des mouvements sensibles très-petits produits de cette manière, peuvent s'accumuler pour former de grands mouvements sensibles. Cependant, il n'existe aucune preuve à l'appui de cette supposition.

§ 23. Toutefois les principes que nous avons spécialement à remarquer ici sont tout à fait indépendants des hypothèses et des interprétations. Il suffit pour le but que nous nous proposons, de remarquer que la substance organique présente ces diverses réactions quand elle subit l'action de forces incidentes; il n'est pas nécessaire que nous

sachions comment ces réactions prennent naissance.

Dans le dernier chapitre, nous avons fait connaître les divers modes suivant lesquels les forces incidentes produisent des redistributions de la matière organique. Dans celui-ci, nous avons exposé les divers modes dans lesquels se manifeste le mouvement qui accompagne cette redistribution. Nous y avons considéré sous ses divers aspects le fait général que par suite de son extrême instabilité, la substance organique subit des réarrangements moléculaires étendus en conséquence de changements de condition très-légers. Nous venons de considérer sous ses nombreux points de vue le fait général corrélatif que durant ces réarrangements moléculaires étendus il se développe nécessairement de grandes quantités de force. Dans un cas, nous avons vu que les atomes dont la matière organique se compose passent de positions d'équilibre instable à des positions d'équilibre stable; dans l'autre cas, nous les avons vus abandonner, dans leur passage d'un équilibre instable à un équilibre stable, de certains moments qui peuvent se manifester sous forme de chaleur, de lumière, d'électricité, de force nerveuse ou de mouvement mécanique, suivant les conditions.

J'ajouterai seulement que ce dégagement de force dépend rigoureusement des changements de la matière. C'est un corollaire du principe primordial qui supporte tous les autres, comme nous l'avons vu dans les *Premiers Principes* (§62, 141), à savoir que la quantité quelconque de force qu'un organisme dépense sous une forme est corrélative et équivalente à une force que cet organisme a reçue du dehors. D'une part il résulte du principe de la persistance de la force que chaque portion de force mécanique ou autre que dépense un organisme, implique la transformation d'autant de substance organique qu'il y en avait qui contenait cette force à l'état

latent. D'autre part il résulte de la persistance de la force que nulle transformation de matière organique contenant cette force latente ne peut avoir lieu, sans que la force soit manifestée d'une façon ou d'autre.

CHAPITRE IV

ESSAI D'UNE DÉFINITION DE LA VIE (1)

§ 24. Pour ceux qui acceptent la doctrine générale de l'évolution, il n'est guère besoin de rappeler que les classifications sont des conceptions subjectives auxquelles ne correspond aucune démarcation absolue dans la nature. Ce sont des artifices à l'aide desquels nous limitons et arrangeons les matières soumises à nos recherches, afin de faciliter l'œuvre de l'esprit. En conséquence quand nous voulons définir quelque chose de complexe, ou faire une généralisation de faits qui ne sont pas des plus simples, nous ne pouvons guère nous empêcher d'y comprendre plus que nous ne voulons, ou d'en exclure des choses que nous voudrions y comprendre. C'est pour cela qu'en cherchant à définir la vie, nous éprouvons une grande difficulté à trouver une définition qui ne reste pas en deçà, qui n'aille pas au delà, qui soit exactement suffisante. Examinons quelques définitions parmi les plus soutenables qui aient été données. Tout en reconnais-

(1) Ce chapitre et le suivant faisaient d'abord partie des *Principes de psychologie* (part. III). Bien qu'ils y fussent une préparation au sujet de ce livre, ils y formaient une sorte de parenthèse. Maintenant que je traite de la science générale de la Biologie, avant d'aborder la science plus spéciale de la psychologie, je saisis l'occasion de mettre ces chapitres à leur véritable place, après les avoir révisés avec soin.

sant en quoi elles sont défectueuses, nous verrons à quelles exigences une définition plus complète doit satisfaire.

Schelling disait que la vie est la tendance à l'individuation. Cette formule, au premier abord, ne signifie pas grand chose. Mais il n'y a qu'à l'examiner à la lumière des faits de développement ou du contraste qui sépare les formes inférieures et supérieures de la vie, pour en reconnaître la valeur, et surtout l'étendue. Comme nous l'avons déjà vu (*Premiers principes*, § 107-115), on peut y faire des objections, d'abord qu'elle vise non pas tant les changements fonctionnels qui constituent la vie, que les changements de structure des agrégations de matière qui manifestent la vie; ensuite qu'elle comprend dans l'idée de vie bien des choses que nous en excluons, par exemple, la cristallisation.

La définition de Richerand « la vie est une collection de phénomènes qui se succèdent l'un à l'autre durant un temps limité dans un corps organisé », est exposée à l'inévitable objection qu'elle s'applique aussi bien à la décomposition qui s'opère après la mort. En effet ce travail est aussi « une collection de phénomènes qui se succèdent durant un temps limité dans un corps organisé ».

« La vie, suivant Blainville, est le double mouvement interne de composition et de décomposition à la fois général et continu. » Cette conception est à certain point de vue trop étroite et à un autre trop large. Si, d'une part, elle convient à ce que les physiologistes appellent vie végétative, elle exclut, d'autre part, les fonctions nerveuses et musculaires qui forment les ordres les plus remarquables et les plus caractéristiques des phénomènes vitaux. D'un autre côté elle s'applique non-seulement aux opérations d'intégration et de désintégration qui se font dans un corps vivant, mais elle s'applique tout aussi bien à celles qui ont lieu dans

une pile électrique : la pile aussi manifeste un « double mouvement interne de composition et de décomposition, à la fois général et continu. »

J'ai moi-même proposé dans un autre écrit de définir la vie « la coordination des actions » (1). Je penche encore à croire que cette définition répond aux faits avec une précision suffisante. Tous les changements organiques y sont compris, ceux des viscères comme ceux des membres ou du cerveau. La grande masse des changements inorganiques, où l'on ne voit point ou seulement peu de coordination, en sont exclus. En faisant de la coordination le caractère spécifique de la vitalité, cette définition comporte deux principes, que l'arrêt de la coordination est la mort, et qu'une coordination imparfaite est la maladie. De plus, la définition est en harmonie avec les idées que nous avons ordinairement de la vie à ses différents degrés : puisque les organismes que nous appelons inférieurs dans l'échelle de la vie sont ceux qui ne montrent qu'une faible coordination d'actions; et puisqu'à partir de ces êtres inférieurs jusqu'à l'homme, l'élévation dans l'échelle de la vie correspond à un accroissement dans l'étendue et la complexité de la coordination. Mais, comme les autres, cette définition est trop étendue; on peut objecter que le système solaire, avec ses mouvements réguliers et ses perturbations équilibrées, manifeste aussi la coordination des actions. Sans doute, on pourrait alléguer avec quelque raison que, dans l'abstrait, le mouvement des planètes et des satellites sont aussi bien compris dans l'idée de vie, que les changements qui s'opèrent dans une semence inerte et insensible; cependant il faut reconnaître que les mouvements du système solaire ne rentrent point dans l'idée qu'on

(1) Voyez la *Revue de Westminster*, d'avril 1852. — « Art. theory of population. »

se fait communément de la vie, et que nous avons à formuler.

Il reste à ajouter la définition présentée depuis lors par M. G. Lewes : « La vie est une série de changements définis et successifs, aussi bien de structure que de composition qui s'opèrent dans un individu sans détruire son identité. » Le dernier fait que cette définition a le mérite de mettre en lumière, la persistance d'un organisme vivant, en tant que formant un tout, en dépit du renouvellement et du remplacement incessants de ses parties, est un point important. Mais à un autre point de vue on peut objecter que puisque les changements de structure et de composition bien qu'ils soient probablement les *causes* des actions musculaires et nerveuses, ne sont pas les actions musculaires et nerveuses elles-mêmes, la définition exclut les mouvements plus visibles auxquels l'idée que nous nous faisons de la vie est le plus associée. En outre, c'est à peine si, en affirmant que les changements vitaux forment *une série*, cette définition fait entendre que plusieurs de ces changements, comme la nutrition, la circulation, la respiration et la sécrétion, dans leurs nombreuses subdivisions, marchent simultanément.

Ainsi donc, bien que chacune de ces définitions exprime les phénomènes de la vie sous certains de leurs points de vue, aucune ne nous offre rien de plus qu'une vérité approximative. Il se peut qu'il soit impossible de trouver une formule qui résiste à toute critique. En attendant il est possible d'établir une formule plus exacte qu'aucune des précédentes. Comme nous allons le voir, elles négligent toutes une particularité essentielle des changements vitaux en général, particularité qui, peut-être plus qu'aucune autre, les distingue des changements non-vitaux. Toutefois avant de parler de cette particularité, nous ferons bien de nous avancer pas

à pas pour compléter l'idée de la vie telle qu'on peut la saisir du point de vue où nous sommes : par là nous verrons la nécessité de chaque restriction, et en même temps nous arriverons à sentir la nécessité d'une restriction nouvelle.

Dans cet examen, comme le meilleur moyen de déterminer quels sont les caractères généraux qui distinguent la vitalité de la non-vitalité, nous ferons bien de comparer les deux espèces de vitalité les plus dissemblables, et de voir en quoi elles concordent. Evidemment, ce qui est essentiel à la vie doit être ce qui est commun à la vie de tous les ordres. Evidemment aussi ce qui est commun à toutes les formes de la vie ressortira promptement du contraste des formes de la vie qui ont le moins de points communs, ou qui sont les plus dissemblables.

§ 25. Prenons pour exemple dans la vie du corps l'assimilation, et dans la vie appelée intelligence le raisonnement; nous remarquons d'abord que ces deux faits sont des opérations de changement. Sans changement, l'aliment ne saurait pénétrer dans le sang, ni se transformer en tissu : sans changement, il ne saurait y avoir passage des prémisses à la conclusion. C'est cette manifestation visible de changement qui forme le substratum de notre idée de vie en général. Sans doute nous voyons des changements innombrables auxquels ne s'attache aucune notion de vitalité : les corps inorganiques ne cessent jamais de subir des changements de température, de couleur, d'agrégation. Mais on admettra que la grande majorité des phénomènes manifestés par les corps inorganiques sont statiques et non dynamiques ; que les modifications des corps inorganiques sont le plus souvent lentes et inapparentes ; d'une part que lorsque nous voyons des mouvements soudains dans les corps inorganiques nous sommes

portés à supposer un agent vivant, et d'autre part que lorsque nous ne voyons aucun mouvement dans les corps organiques, nous sommes portés à supposer la mort. De toutes ces considérations, il ressort évidemment qu'avec toutes les restrictions qu'on pourra y apporter, une définition de la vie doit être une définition d'une espèce de changement ou de changements.

Poussons plus avant la comparaison de l'assimilation et du raisonnement pour voir en quoi le changement manifesté dans l'un et dans l'autre diffère des changements non-vitaux, et nous trouvons que c'est en ce que le changement n'est pas un, simple, mais composé de changements *successifs*. La transformation de l'aliment en tissu suppose la mastication, la déglutition, la chymification, la chylification, l'absorption, et diverses actions qui se passent après que les canaux lactés ont versé leur contenu dans le sang. La conduite d'un argument est une opération qui nécessite une longue chaîne d'états de conscience, dont chaque anneau suppose que l'état précédent a subi un changement. Mais les changements organiques ne présentent pas ce caractère d'une façon marquée. Il est vrai que sous l'influence de causes météorologiques, des objets inanimés subissent journellement et souvent d'heure en heure des modifications de température, de volume, d'état hygrométrique et électrique. Toutefois, non-seulement ces modifications manquent de cette évidence et de cette vitesse dans la succession que possèdent les modifications vitales, mais celles-ci forment une série *additionnelle*. Les corps vivants comme les non vivants sont affectés par les influences atmosphériques; et outre les changements que ceux-ci produisent, les corps vivants en présentent d'autres plus nombreux et plus marqués. De sorte que bien que le changement organique ne se distingue pas rigoureusement du changement

inorganique par le fait de présenter des phases successives, quoique certains objets inanimés, comme les montres, présentent des phases de changement à la fois rapides et nombreuses, quoique tous les objets ne cessent de subir des changements de quelque genre, visible ou invisible, quoiqu'il n'y ait guère d'objet qui ne subisse dans le cours des temps une somme considérable de changements que l'on peut bien diviser en phases ; le changement vital l'emporte si grandement sur l'autre changement par la variété des phases qu'il présente, que nous pouvons considérer cette propriété comme l'un de ses caractères. Donc la vie, telle que nous venons de la distinguer par une démarcation grossière, peut être considérée comme un changement présentant des phases consécutives, ou en d'autres termes une série de changements. Un fait à remarquer qui s'accorde bien avec cette idée, c'est que plus la vie est élevée dans l'échelle, plus les variations sont visibles. Quand on compare les organismes inférieurs avec les supérieurs, on voit que ces derniers offrent des changements plus rapides, ou une plus longue série de ces changements, ou l'un et l'autre.

Reprenons encore nos deux phénomènes typiques : nous allons voir que le changement vital se distingue par d'autres caractères du changement non-vital, en ce qu'il est composé de beaucoup de changements *simultanés*. L'assimilation n'est pas seulement une série d'actions, elle comprend aussi beaucoup d'actions qui marchent en même temps. Pendant la mastication l'estomac s'occupe de la nourriture déjà avalée ; il y verse des liquides dissolvants et y emploie les efforts de sa tunique musculaire. L'estomac n'a pas cessé son action, que déjà les intestins sont à l'œuvre pour remplir leurs fonctions de sécrétion, de contraction et d'absorption. En même temps qu'un aliment subit la digestion, la substance nutritive

extraite d'un aliment déjà digéré, subit dans les tissus une transformation qui constitue l'acte final de l'assimilation. Il en est de même, en un certain sens, des changements mentals. Bien que les états de conscience qui composent un raisonnement se présentent en série, cependant comme chacun de ces états est complexe, qu'il implique l'excitation simultanée des nombreuses facultés par lesquelles s'est effectuée la perception d'un objet ou d'une relation, il est évident que tout changement analogue survenu dans la conscience implique plusieurs changemeuts qui en sont les éléments. A ce point de vue aussi, pourtant, il faut admettre que la distinction tracée entre les êtres animés et les inanimés n'est pas nette. Nulle masse de matière inanimée ne peut subir un changement de température sans subir en même temps un changement de volume, et quelquefois aussi d'état hygrométrique. Un corps inorganique ne peut être oxydé, sans subir en même temps un changement de poids, de couleur, d'arrangement anatomique, de température et de condition électrique. Dans certains agrégats vastes et mobiles, la mer, par exemple, les changements simultanés, comme aussi les successifs, qui se manifestent, l'emportent par leur nombre sur ceux qui s'opèrent chez un animal. Néanmoins, en général, une chose vivante se distingue d'une morte par la multiplicité des changements qui s'y font à tout moment. Ajoutez encore qu'en vertu de ce caractère, comme du précédent, non-seulement la vie se distingue de la non-vie, mais les êtres doués d'une grande vitalité se distinguent de ceux qui n'en possèdent qu'une basse. Il suffit de songer d'une part aux nombreux organes qui coopèrent dans un mammifère, et d'autre part au petit nombre d'organes du polype, pour voir que les actions qui marchent ensemble dans le corps du premier, l'emportent autant par le nombre sur les actions qui

marchent dans le corps du dernier, que celles-ci l'emportent sur celles d'une pierre. Comme résultat actuel de notre analyse nous pouvons dire que la vie consiste en changements simultanés et successifs.

Continuons la comparaison : nous trouvons que les changements vitaux, tant viscéraux que cérébraux, diffèrent des autres changements par leur *hétérogénéité*. Ni les actes simultanés, ni les actes sériaires, qui par leur réunion constituent l'opération de la digestion, ne sont pas tous semblables. Les états de conscience compris dans un raisonnement ne sont pas des répétitions les uns des autres, ni par la composition ni par le mode de dépendance. D'autre part, les opérations inorganiques, même quand elles sont semblables aux organiques par le nombre de changements simultanés et successifs qu'ils comprennent, sont dissemblables par l'homogénéité de ces changements. La mer, par exemple dont nous venons de parler, bien que les actions qui s'y passent à tout moment soient innombrables, ne nous offre guère que des actions mécaniques qui sont très-ressemblantes, et qui par là diffèrent beaucoup des actions qui ont lieu à un moment donné dans un organisme; ceux-ci non-seulement appartiennent aux diverses classes des phénomènes mécaniques, chimiques, thermiques, électriques, mais ils présentent dans chacune de ces classes d'innombrables actions dissemblables. Lors même qu'un mécanisme simule presque la vie, comme par exemple la machine à vapeur, nous pouvons voir que si considérable que soit le nombre de changements simultanés, et si rapides que soient les changements successifs, la régularité avec laquelle ils reviennent vite dans le même ordre les rend différents des changements variés que nous observons chez un être vivant. Néanmoins on trouvera que cette particularité, comme les précédentes, ne trace

pas une ligne de démarcation nette entre les deux classes de changements, puisqu'il y a des êtres inanimés qui présentent des changements très-hétérogènes : un nuage par exemple. Les variations qu'il subit, simultanées aussi bien que successives, sont nombreuses et rapides, et elles diffèrent beaucoup entre elles, tant par la qualité que par la quantité. Au même moment, il peut se produire dans un nuage un changement de position, un changement de forme, un changement de grandeur, un changement de densité, un changement de couleur, un changement de température, un changement d'état électrique, et ces diverses espèces de changement se présentent d'une manière continue à différents degrés et en différentes combinaisons. Pourtant, malgré cela, quand nous songeons au petit nombre d'objets inorganiques qui offrent une hétérogénéité bien marquée dans les changements, tandis que tous les objets organiques ont ce caractère, et que de plus, en remontant des organismes inférieurs aux supérieurs, nous rencontrons une variété croissante dans l'espèce et la grandeur des changements, nous reconnaissons qu'il y a dans ce caractère un signe capital qui distingue les actions inorganiques d'avec les organiques. Avec cette modification de la conception, la vie se compose de changements hétérogènes, simultanés et successifs.

Si nous cherchons des points de ressemblance entre les opérations assimilatives et logiques, par où elles se distinguent des opérations inorganiques qui leur ressemblent le plus par l'hétérogénéité des changements simultanés et successifs qu'elles comprennent, nous découvrons que ce qui les distingue c'est la *combinaison* qui subsiste entre les changements qui les constituent. Les actes qui composent la digestion dépendent les uns des autres. Ceux qui composent une chaîne de raisonnement sont unis par une étroite connexion. Généra-

lement, c'est un caractère des changements vitaux, que chacun est rendu possible par tous, et que tous sont affectés par chacun. La respiration, la circulation, l'absorption, la sécrétion, dans leurs nombreuses subdivisions, sont unies ensemble. La contraction musculaire comprend des changements chimiques, des changements de température, des changements d'excrétions. Une méditation active agit sur l'estomac, le cœur, les reins. Nous n'avons pas cette union dans les opérations inorganiques. Si semblable à la vie que paraisse l'action d'un volcan par rapport à l'hétérogénéité de ses nombreux changements simultanés et successifs, elle n'est pas semblable à la vie par rapport à leur combinaison. Quoique les phénomènes chimiques, mécaniques, thermiques et électriques qui s'y montrent soient liés entre eux par une certaine dépendance, il est pourtant vrai que les éruptions de pierres, de boue, de laves, de flammes, de cendres, de fumée et de vapeur, ont lieu irrégulièrement quant à la quantité, l'ordre, l'intervalle et le mode de leur conjonction. Toutefois, même dans ce cas, on ne peut dire que les choses inanimées ne présentent aucune analogie avec les animées. On pourrait dire que le glacier montre dans ses changements à peu près autant de combinaisons qu'une plante de l'organisation la plus inférieure. Il ne cesse de grandir et de s'user, et le rapport entre son accroissement et sa destruction reste à peu près constant. Il se meut, et son mouvement est sous la dépendance immédiate de sa liquéfaction. Il émet des torrents d'eau, qui, de même que le mouvement des glaciers, subissent des variations annuelles, comme les plantes. Pendant une partie de l'année, la surface se fond et se gèle alternativement, et de ces changements dépendent les variations qui surviennent dans le mouvement et l'émission de l'eau. Nous y trouvons accroissement, décroissement,

changement de température, changement de consistance, changement de vitesse, changement d'excrétions, phénomènes qui marchent tous en connexion ; et l'on pourrait dire d'un glacier, comme d'un animal, que par une intégration et une désintégration incessantes il subit un changement total de substance sans perdre son individualité. Toutefois cet exemple exceptionnel ne contribuera guère à obscurcir la distinction profonde par laquelle les opérations organiques se séparent des inorganiques, à savoir la combinaison qui se retrouve dans leurs changements élémentaires. La réalité de cette distinction devient encore plus manifeste quand nous reconnaissons que, de même que les précédentes, elle sépare non-seulement le vivant du non-vivant, mais aussi les choses qui vivent à un faible degré de celles qui vivent à un haut degré. En effet les changements qui ont lieu dans une plante ou un zoophyte sont si imparfaitement combinés, qu'ils peuvent continuer après que la plante ou le zoophyte ont été divisés en plusieurs morceaux; mais la combinaison qui subsiste parmi les changements opérés chez un mammifère est si étroite que nulle partie retranchée du reste ne peut vivre, et que tout dérangement considérable d'une fonction cause la cessation des autres. La vie est donc, à ce point de vue, une combinaison de changements hétérogènes, à la fois simultanés et successifs.

En cherchant encore un caractère commun à ces deux genres d'action vitale, nous apercevons que les combinaisons des changements hétérogènes qui les constituent diffèrent du petit nombre de combinaisons auxquelles elles ressemblent d'ailleurs, par leur *nature définie*. Les changements associés qui ont lieu dans un glacier sont susceptibles d'une variation indéfinie. On peut imaginer un changement de climat qui en arrête la liquéfaction et la progression pendant des myriades

d'années, sans le priver de la propriété de manifester ces phénomènes sous des conditions appropriées. Une convulsion géologique peut en arrêter le mouvement sans en arrêter la liquéfaction; ou bien une augmentation de la pente sur laquelle il glisse, peut en précipiter le mouvement, sans en accélérer la dissolution. Les autres conditions restant les mêmes, une succession plus rapide du dépôt des neiges peut causer un accroissement indéfini de la masse du glacier; ou inversement, l'accrétion du glacier peut cesser tout à fait, tandis que les autres actions continuent jusqu'à ce que la masse totale disparaisse. Dans le glacier, la combinaison n'a donc pas la nature définie qui, dans une plante, caractérise la dépendance mutuelle de l'assimilation, de la respiration et de la circulation; bien moins encore y trouve-t-on cette nature définie qui se montre dans la dépendance mutuelle des principales fonctions animales : de ces fonctions dont aucune ne saurait varier sans faire varier le reste; dont aucune ne saurait marcher sans faire marcher le reste. C'est cette nature définie de la combinaison qui distingue les changements qui ont lieu dans un corps vivant de ceux qui ont lieu dans un corps mort. La décomposition manifeste à la fois des changements simultanés et des changements successifs qui sont jusqu'à un certain point hétérogènes, et en un certain sens combinés; mais ils ne sont pas combinés d'une manière définie; ils varient selon que le milieu ambiant est l'air, l'eau, ou la terre; ils changent de nature avec la température. Si les conditions locales sont dissemblables, ils marchent différemment dans les différentes parties de la masse, sans exercer d'influence les uns sur les autres. Ils peuvent aboutir à la production de gaz, ou d'adipocire, ou de ces matières sèches dont les momies sont formées. Ils peuvent ne durer que quelques jours ou des milliers d'années. Ainsi, rien dans

leurs changements simultanés ou successifs ne fait manifester aux corps morts cette nature définie qui caractérise les corps vivants. Il est vrai que dans certains êtres inférieurs le cycle des changements successifs comporte une certaine *indéfinité,* à savoir qu'il peut être suspendu en apparence pendant une longue durée par la dessiccation ou la congélation, pour reprendre ensuite comme s'il n'y avait eu aucune solution de continuité dans sa marche. Mais comme ce n'est que dans les degrés inférieurs de l'échelle de la vie que le cycle de ses changements est susceptible de subir ce genre de modifications, nous en venons à concevoir que ce caractère de la nature définie des changements combinés, comme les caractères précédents, distingue une vitalité supérieure d'une vitalité inférieure, comme il distingue une vitalité inférieure des opérations inorganiques. En conséquence ce nouvel amendement donne à notre définition la formule suivante : la vie est une combinaison définie de changements hétérogènes, à la fois simultanés et successifs.

Pour finir, nous exprimerons encore mieux les faits, si au lieu de dire *une* combinaison définie de changements hétérogènes, nous disons *la* combinaison définie de changements hétérogènes. Telle que nous la formulons à présent, la définition est défectueuse tant en ce qu'elle accorde qu'il y a d'*autres* combinaisons définies de changements hétérogènes, et en dirigeant l'attention sur l'hétérogénéité des changements plutôt que sur la nature définie de leur combinaison. De même que ce ne sont pas tant les éléments chimiques d'un organisme qui le constituent, de même ce ne sont pas tant les changements hétérogènes qui constituent la vie, que la combinaison définie de ces changements. Voyez ce qui cesse quand la vie cesse. Dans un corps mort, il y a des changements hétérogènes, à la fois simultanés et

successifs. Qu'est-ce qui a disparu? C'est la combinaison définie. Remarquez aussi qu'en dépit de l'hétérogénéité des changements simultanés et successifs présentés par un objet inorganique, un volcan par exemple, nous avons moins de penchant à le croire vivant, qu'à attribuer la vie à une horloge ou à une machine à vapeur, qui présente sans doute des changements homogènes, mais qui les présente en une combinaison définie. Cet élément de l'idée de vie est tellement prépondérant, que, même lorsqu'un objet est sans mouvemant, si ses parties sont combinées d'une manière définie, nous en concluons qu'il a possédé la vie, ou qu'il a été fait per un être qui possédait la vie. Ainsi nous concluons que la vie est *la* combinaison définie des changements hétérogènes, à la fois simultanés et successifs.

§ 26. Telle est la conception à laquelle nous arrivons sans changer notre point de vue. Toutefois, cette conception est incomplète. Cette formule dernière (en grande partie identique à celle que nous avons donnée plus haut : « la coordination des actions », puisque *combinaison définie* est synonyme de *coordination* et que « changements simultanés et successifs » rentrent dans le sens du mot « actions »; mais qui en diffère parce qu'elle spécifie le fait que les actions ou changements sont « hétérogènes »), cette formule dernière, dis-je, est après tout approximativement correcte. Il est vrai qu'elle n'a pas le défaut de s'appliquer à l'accrétion d'un cristal; car les changements successifs qui s'y passent ne sauraient être appelés hétérogènes. Il est vrai qu'elle ne comprend pas l'action d'une pile électrique, puisque dans la pile, aussi, l'hétérogénéité n'est pas le caractère des changements successifs. Il est vrai que la même restriction exclut les mouvements du système solaire, comme aussi ceux d'une hor-

loge et d'une machine à vapeur. Il est vrai, encore, que si par leur hétérogénéité les actions qui se passent dans un nuage, dans un volcan, dans un glacier rentrent dans la définition, ils restent en dehors parce qu'ils ne présentent pas de combinaison définie. De plus il est vrai que cette nature définie de combinaisons distingue les changements qui s'opèrent dans un organisme durant la vie de ceux qui commencent à la mort. Par-dessus tout cela il est vrai que chaque membre de la définition sert non-seulement à distinguer, plus ou moins clairement, les actions organiques des inorganiques, mais encore à distinguer les actions qui constituent une vitalité supérieure de celles qui constituent une vitalité inférieure; puisque la vie s'élève en raison du nombre des changements successifs survenus entre la naissance et la mort, en raison du nombre des changements simultanés, en raison de l'hétérogénéité des changements, en raison de la combinaison qui subsiste entre les changements, et en raison de la nature définie de leur combinaison. Néanmoins, bien qu'elle réponde à tant d'exigences, cette définition est essentiellement défectueuse : elle ne donne pas une idée complète de la chose que l'on étudie. *La combinaison définie de changements hétérogènes à la fois simultanés et successifs* est une formule qui est loin de présenter une conception adéquate. De plus elle omet la particularité la plus distinctive, celle avec laquelle nous sommes le plus familiers, et à laquelle aussi notre notion de la vie est, plus que toute autre, associée. Il nous reste à ajouter cette particularité à notre définition.

CHAPITRE V

CORRESPONDANCE DE LA VIE AVEC LE MILIEU

§ 27. Habituellement pour distinguer un objet vivant d'un objet mort, nous observons si un changement que nous introduisons dans les conditions ambiantes ou que la nature y opère, se trouve ou non suivi de quelque changement appréciable dans l'objet. C'est en découvrant que certaines choses se retirent quand on les touche, ou s'envolent quand on s'approche, ou se réveillent quand on fait du bruit, que l'enfant distingue d'abord d'une façon grossière les êtres vivants des non-vivants; et l'homme, quand il doute si un animal qu'il aperçoit est mort ou non, l'excite avec un bâton; s'il en est à quelque distance, il crie ou lui lance une pierre. Tel est le moyen primitif de reconnaître aussi bien la vie végétale que la vie animale. L'arbre qui émet des feuilles quand le printemps amène un changement de température, la fleur qui s'ouvre et se ferme avec le lever ou le coucher du soleil, la plante qui se penche languissante parce que le sol est aride, et se redresse quand il est arrosé, tous ces êtres sont regardés comme vivant à cause de ces changements induits; il en est de même des zoophytes qui se contractent quand un nuage passe devant le soleil, de même du ver de terre qui monte à

la surface quand le sol est ébranlé d'une façon continue; de même du hérisson qui se roule en boule quand on l'attaque.

Toutefois ce n'est pas seulement une réponse que nous cherchons quand nous appliquons un stimulus extérieur à un organisme vivant, nous voulons une réponse appropriée. Les objets morts aussi bien que les vivants offrent des changements quand leurs conditions subissent certains changements : en voici des exemples, un morceau de carbonate de soude fait effervescence quand on le projette dans de l'acide sulfurique; une corde se contracte quand elle est humectée; un morceau de pain roussit quand on l'approche du feu. Mais, dans ces cas, nous ne voyons pas de rapport entre les changements opérés et la conservation des objets qui les présentent; ou bien, pour éviter toute supposition tacite de finalité, les changements n'ont aucun rapport aux événements externes futurs qui arriveront certainement ou probablement. Toutefois, dans les changements vitaux, ces rapports sont évidents. La lumière étant nécessaire à la vie végétale, nous voyons dans le fait qu'une plante exposée à l'ombre se développe du côté découvert, un fait d'une nature appropriée que nous n'aurions pas si elle poussait ailleurs. Évidemment les actes d'une araignée qui se jette en avant quand sa toile est légèrement frôlée, et demeure au fond de sa loge quand sa toile est fortement ébranlée, lui permettent d'acquérir plus facilement sa nourriture ou d'éviter plus sûrement le danger, que si les relations dans lesquelles ils se produisent étaient renversées. Notre surprise quand nous voyons un oiseau fasciné par un serpent faire des actes qui tendent à le perdre est une preuve qu'en général nous avons observé une adaptation des changements vivants aux changements survenus dans les circonstances ambiantes.

Remarquons encore un fait de même ordre, avec lequel, à force de le voir se répéter, nous sommes devenus si familiers que nous en oublions la signification, à savoir qu'il existe invariablement et nécessairement une conformité entre les fonctions vitales d'un organisme et les conditions où il est placé, entre les opérations qui s'accomplissent au dedans de lui et celles du dehors. Nous savons qu'un poisson ne peut vivre dans l'air, ni un homme dans l'eau. Un chêne poussant dans l'eau, et une algue au sommet d'une colline, voilà des combinaisons d'idées incroyables. Nous trouvons que chaque animal est limité à une certaine étendue déterminée par le climat, chaque plante à certaines zones de latitude et d'altitude. Dans la faune et la flore marines chaque espèce se trouve exclusivement entre telle et telle profondeur. Il y a des êtres aveugles qui ne voient que dans des cavernes obscures. Le lépas ne se tient qu'en des endroits où il est alternativement couvert et découvert par les flots. L'algue de la neige rouge ne se trouve guère que dans les régions arctiques ou sur les pics alpestres.

Si nous groupons ensemble les cas que nous avons cités d'abord, dans lesquels un changement particulier dans le milieu d'un organisme est suivi d'un changement particulier dans cet organisme, et les cas cités en dernier lieu, où les actions constantes qui ont lieu dans un organisme impliquent des actions constantes qui se passent au dehors, nous voyons que dans les uns et les autres les changements ou opérations manifestés par un être vivant soutiennent une relation spéciale avec les changements ou opérations survenus dans son milieu. Cette considération nous fournit le complément dont nous avions besoin pour notre conception de la vie. Par l'addition de ce caractère d'une extrême importance, notre conception de la vie se formule :

la combinaison définie de changements hétérogènes à la fois simultanés et successifs, *en correspondance avec des coexistences et des séquences externes*. Afin de bien faire sentir toute la portée de cette addition, nous avons besoin de jeter un coup d'œil sur la correspondance et d'en examiner quelques points de vue (1).

§ 28. Négligeant les conditions moins importantes, les actions qui s'opèrent dans une plante présupposent un milieu ambiant contenant au moins de l'acide carbonique et de l'eau, avec une quantité convenable de lumière et une certaine température. A l'intérieur des feuilles, il se fait une assimilation de carbone et un dégagement d'oxygène ; au dehors se trouvent le gaz d'où le carbone est extrait, et les agents impondérables qui aident à l'extraire. Quelle que soit

(1) « Cette idée, dit Aug. Comte à propos de l'*idée générale de la vie*, suppose, en effet, non-seulement celle d'un être organisé de manière à comporter l'état vital, mais aussi celle, non moins indispensable, d'un certain ensemble d'influences extérieures propre à son accomplissement. Une telle harmonie entre l'être vivant et le *milieu* correspondant caractérise évidemment la condition fondamentale de la vie ». Ailleurs, « Cette lumineuse définition, dit-il, en commentant la définition de Blainville, qu'il adopte, ne me paraît laisser rien d'important à désirer, si ce n'est une indication plus directe et plus explicite de ces deux conditions fondamentales co-relatives, nécessairement inséparables de l'état vivant, un *organisme* déterminé et un *milieu* convenable ». Il est étrange qu'Aug. Comte ait si bien reconnu la nécessité d'une harmonie entre un organisme et son milieu, comme condition essentielle à la vie, et qu'il n'ait pas vu que l'entretien de ces actions qui font équilibre aux actions extérieures *constitue* la vie. Il est d'autant plus étrange qu'il ait approché de si près de cette vérité et qu'il ne l'ait pas vue, qu'indépendamment de la vaste portée de ses idées, il se fait souvent remarquer par ses intuitions lumineuses. Comme je ne prétends pas par cette réflexion propager davantage une erreur, où plusieurs écrivains sont tombés, on me permettra de saisir cette occasion de déclarer que tout en regardant quelques-unes des généralisations de second ordre d'Aug. Comte comme vraies, en reconnaissant la profondeur de beaucoup d'observations qu'il présente incidemment, je n'admets pas son système. Les doctrines générales sur lesquelles je m'accorde avec lui sont celles qu'il soutient avec divers autres penseurs. Sur toutes les doctrines générales qui sont le caractère de sa philosophie, je suis en désaccord avec lui, au moins avec toutes celles dont j'ai une connaissance exacte ; car, passé la première moitié de son « *Cours de philosophie positive* », je ne connais ses opinions que par ouï-dire.

la nature du procédé d'extraction, il est clair qu'il existe des éléments extérieurs susceptibles de subir des réarrangements spéciaux sous des conditions spéciales. Il est évident que la plante exposée au soleil présente ces conditions, et par là effectue ces réarrangements. Il est donc évident que les changements qui constituent la vie de la plante sont en correspondance avec les groupes de phénomènes coexistants de son milieu.

En outre, si nous voulons savoir comment un protozoaire vit, les faits répondent que si d'une part sa substance ne cesse de subir l'oxydation, elle ne cesse d'autre part d'absorber des matières qui la nourrissent; et que pour qu'elle continue d'exister, il faut que l'assimilation marche parallèlement avec l'oxydation, ou la dépasse. Si nous demandons encore dans quelles circonstances ces changements combinés sont possibles, nous trouvons tout de suite une réponse; c'est que le milieu dans lequel le protozoaire est placé doit contenir de l'oxygène et des aliments, de l'oxygène en quantité susceptible de produire une certaine désintégration; des aliments en quantité qui permette que la désintégration n'entraîne pas la mort de l'animal. En d'autres termes, les deux opérations antagonistes qui se font au dedans impliquent la présence au dehors de matériaux ayant des affinités qui donnent naissance à ces opérations.

Laissons les formes animales inférieures que le microscope nous révèle, qui absorbent par leur surface les aliments et les fluides oxygénés avec lesquels elle est en contact, et passons aux formes supérieures dont les tissus sont en partie spécialisés sous les noms d'assimilatoires et de respiratoires. Nous y voyons une correspondance entre certaines actions qui se passent dans le sac digestif et les propriétés de certains corps ambiants. Pour qu'une créature de cet ordre

puisse continuer à vivre, il est nécessaire non-seulement qu'il y ait à l'entour des masses de substance susceptibles de se transformer en ses tissus, mais il faut encore que l'introduction de ces masses dans l'estomac soit suivie de la sécrétion d'un fluide dissolvant qui les réduise à un état propre à subir l'absorption. A des propriétés externes spéciales il faut que viennent s'opposer des propriétés internes spéciales.

Si, des opérations par lesquelles les aliments sont digérés, nous passons aux opérations par lesquelles il est saisi, nous apercevons le même principe général. La faculté de se darder et de se contracter que possèdent les tentacules du polype correspond à la sensibilité et à la force de l'animal qui s'en sert pour saisir celui qui devient sa proie. Si le changement externe, qui met un de ces animaux en contact avec la tentacule, n'était suivi rapidement par ces changements intérieurs qui aboutissent aux deux actes par lesquels le polype ramasse sa tentacule pour la bander et la projeter, le polype mourrait de faim. L'opération fondamentale d'intégration et de désintégration qui se fait à l'intérieur du polype ne correspondrait plus aux agents et aux opérations qui ont lieu au dehors, et la vie s'arrêterait.

Pareillement on peut faire voir que, lorsque l'animal devient si grand que ses tissus ne peuvent plus s'approprier utilement la nourriture par la seule absorption de ses membranes limitantes, et qu'ils ne peuvent pas non plus être convenablement oxygénés par le contact avec le fluide qui baigne la surface de l'animal, un système circulatoire qui distribue la nourriture et l'oxygène dans toute la masse devient nécessaire. Les fonctions de ce système, auxiliaire des deux premières, forment un chaînon qui rétablit la correspondance entre les actions internes et les externes. Il

en est évidemment de même de toutes ces fonctions subordonnées, sécrétoires et excrétoires, qui facilitent l'oxydation et l'assimilation, fonctions dans lesquelles nous pouvons suivre en même temps des changements synchrones qui répondent aux coexistences du milieu, et des changements successifs qui répondent aux changements de composition, de température, de lumière, d'humidité, de pression qui se passent dans le milieu.

Si nous nous élevons des actions viscérales aux actions musculaires et nerveuses, nous trouvons la correspondance encore plus évidente. Tout acte de locomotion suppose la dépense de certaines forces mécaniques internes disposées quant à la quantité et à la direction, de manière à balancer ou à surpasser certaines forces mécaniques externes. L'acte de reconnaître un objet est impossible sans une harmonie entre les changements qui constituent la perception et les propriétés particulières qui coexistent dans le milieu. Les actes par lesquels un animal échappe à ses ennemis supposent des mouvements dans l'organisme en relation, quant à l'espèce et à la rapidité, avec des mouvements du dehors. Les actes par lesquels un animal détruit sa proie exigent une combinaison particulière d'actions subjectives appropriées par le degré et la succession pour l'emporter sur un groupe d'actions objectives. Il en est de même pour les opérations automatiques sans nombre dont les œuvres de l'instinct animal sont des exemples.

Le même fait est également évident dans l'ordre le plus élevé des changements vitaux. La généralisation empirique qui dirige le fermier dans le roulement des assolements qu'il adopte, sert à mettre ses actions en accord avec les actions qui se passent dans les plantes et dans le sol. Les déductions rationnelles du navigateur instruit qui calcule sa

position en mer constituent une série d'actes mentals, grâce auxquels ses actions se conforment aux circonstances environnantes. De même dans les plus simples inférences de l'enfant et les plus complexes de l'homme de science, nous remarquons une correspondance entre des changements simultanés et successifs de l'organisme et des groupes de phénomènes coexistants et successifs de son milieu.

§ 29. Cette formule générale qui comprend les opérations végétales les plus inférieures aussi bien que les manifestations les plus élevées de l'intelligence humaine, soulèvera peut-être des critiques qu'il convient d'aborder ici.

On pourra croire qu'il existe encore un petit nombre d'actions inorganiques comprisse dans la définition, comme par exemple celle que présente l'instrument nommé baroscope. La cristallisation penniforme qui, à un certain changement de température, se fait dans la solution contenue dans cet instrument, et qui ensuite se dissout pour reparaître sous de nouvelles formes et de nouvelles conditions, présente, si l'on veut, des changements simultanés et successifs jusqu'à un certain point hétérogènes, qui se présentent en combinaison en quelque sorte définie, et surtout en correspondance avec les changements extérieurs. La vie végétale y est simulée de très-près ; mais *seulement* simulée. La relation entre les phénomènes qui ont lieu dans le baroscope et ceux qui se produisent dans l'atmosphère, n'est pas en réalité une correspondance au sens propre du mot. Au dehors il y a un certain changement ; au dedans il y a un autre changement d'arrangement atomique. Mais si subtil que soit le lien de dépendance entre chaque changement interne et chaque changement externe, la connexion qui le constitue n'est pas au point de vue abstrait différente de celle

qui rattache le mouvement de la paille à celui du vent qui l'agite. Dans un cas comme dans l'autre un changement produit un changement, et c'est tout. La modification opérée par quelque force environnante dans un objet inanimé ne tend pas à y susciter une modification secondaire, qui prévienne une altération secondaire dans le milieu. Dans tout corps vivant, au contraire, il y a une tendance à des modifications secondaires de ce genre ; et c'est dans la production de ces modifications que consiste la correspondance. La différence s'exprimerait mieux par un symbole. Soit A le changement dans le milieu, B un changement conséquent dans une masse inorganique, A ayant produit B, l'action cesse. Bien que le changement A dans le milieu y soit suivi de quelque changement conséquent *a*, nulle séquence parallèle dans la masse inorganique n'y engendre un changement *b* qui se rapporte au changement *a*. Prenons, au contraire, un corps vivant possédant l'organisation convenable, et faisons-le impressionner par le changement A qui produira quelque changement C, nous verrons que tandis que A occasionne *a*, dans le milieu, C occasionne *c*, dans le corps vivant : *a* et *c* présentant un certain accord quant au temps, au lieu, au degré. De même que c'est *dans* la production incessante de ces accords ou correspondances que la vie consiste, c'est *par* la production continuelle de ces accords ou correspondances que la vie est entretenue.

On peut encore s'attendre à une critique portant sur certaines imperfections de langage dans la définition, qu'il semble impossible d'éviter. On a le droit de dire que le mot *correspondance* ne comprend pas, à moins d'en forcer le sens, les diverses relations qu'on veut exprimer en l'employant. On peut demander : Comment se fait-il que les *opérations* continues d'assimilation et de respiration correspondent avec

les *coexistences* d'aliments et d'oxygène dans le milieu? ou encore : Comment se peut-il que l'acte de sécréter quelque fluide défensif, corresponde à quelque danger externe qui n'arrivera peut-être jamais? ou bien : Comment se peut-il que le phénomène *dynamique* constituant la perception corresponde au phénomène *statique* du corps solide perçu? La seule réponse que nous puissions faire à ces questions, c'est que nous n'avons aucun mot assez général pour comprendre toutes les formes de cette relation, et que le mot *correspondance* nous paraît le moins exposé à la critique. Le fait qui doit être exprimé dans tous les cas, c'est que certains changements, continus ou discontinus, dans l'organisme sont reliés ensemble de telle sorte que, par leur quantité, ou par leur variation, ou par les périodes de leur récurrence, ou par les modes d'après lesquels ils se succèdent, ils présentent une relation avec des actions externes constantes ou sériaires, actuelles ou potentielles, relation telle qu'un rapport défini entre les membres d'un groupe implique un rapport défini entre certains membres de l'autre groupe; et le mot *correspondance* paraît le plus propre à exprimer ce fait.

§ 30. Une fois les phénomènes présentés sous cette forme générale, nous comprenons que notre définition peut se réduire à sa forme la plus abstraite et, peut-être à sa forme la meilleure. En regardant les éléments respectifs de la définition comme des relations, nous évitons du même coup la circonlocution et l'inexactitude des mots, et il est évident que nous pouvons bien les considérer comme des relations. Si l'activité de l'assimilation d'un animal est augmentée en conséquence d'une diminution de la température dans le milieu, c'est que la relation entre l'aliment consommé et la

chaleur produite se trouve rajustée par la multiplication du mouvement de ses membres, que la relation altérée dans le milieu ambiant entre la quantité de chaleur emprunt. ou cédée à des corps d'une température donnée, est contre-balancée. Si un son ou une odeur portés par la brise excite le cerf à s'élancer loin du chasseur embusqué, c'est qu'il existe dans le voisinage de l'animal une relation entre certaine propriété sensible et certaines actions dangereuses pour lui, tandis que dans son organisme il existe une relation accommodée entre l'impression produite par cette propriété sensible et les actions par lesquelles on évite le danger. Si l'étude conduit le chimiste à une loi qui lui permet de dire quelle quantité d'un élément se combine avec telle quantité d'un autre, c'est qu'il s'est établi en lui des relations mentales spécifiques qui s'accordent avec des relations chimiques spécifiques dans les objets ambiants. Puis donc que dans tous les cas nous pouvons considérer les phénomènes externes comme simplement en relation, et les phénomènes internes comme aussi simplement en relation, la définition la plus large et plus complète de la vie sera : *l'accommodation continue des relations internes aux relations externes* (1).

Tout en étant plus simple, cette formule modifiée a encore l'avantage d'être un peu plus compréhensive. C'est peut-être aller trop loin que de dire qu'elle comprend non-seulement ces combinaisons définies de changements simultanés et successifs dans un organisme, qui correspondent aux coexistences et aux séquences dans le milieu, mais aussi ces arrangements de structure qui permettent à l'organisme d'accommoder ses actions à celles du milieu. En effet, quoique ces arrangements

(1) Pour plus d'éclaircissement de cette doctrine, voyez *Premiers principes*, § 25.

de structure présentent des relations internes accommodées aux externes, on ne peut guère dire que l'*accommodation continue* des relations comprenne une *accommodation fixe* déjà faite. Évidemment, la vie qui se compose de phénomènes *dynamiques* ne peut être définie en des termes qui définissent du même coup l'appareil qui la manifeste, lequel ne présente que des phénomènes statiques. Mais tandis que cette antithèse sert à nous rappeler que la distinction fondamentale qui sépare l'organisme de ses actions, est aussi profonde que celle qui sépare la matière et le mouvement, elle nous fait remarquer en même temps que si les arrangements de structure de l'adulte ne sont pas compris dans la définition, les opérations de développement par lesquelles ces arrangements ont été établis, s'y trouvent. En effet, l'opération d'évolution durant laquelle les organes de l'embryon sont appropriés à leurs fonctions à venir, consiste d'un bout à l'autre en l'accommodation graduelle des relations internes avec les externes. De plus les modifications de structure de l'organisme adulte, qui, sous l'influence d'un changement de climat, d'un changement d'occupation, d'un changement de nourriture, produit lentement certain réarrangement dans la balance organique, doivent pareillement être regardées comme des accommodations continues de relations internes à des relations externes. De sorte que non-seulement la définition, sous cette formule, comprend toutes ces fonctions corporelles et mentales, qui constituent l'idée vulgaire de la vie, mais elle comprend aussi, en même temps, ces opérations de développement qui amènent l'organisme à l'état qui le rend propre à ces fonctions, et ces opérations postérieures d'adaptation par lesquelles il devient spécialement propre à ses fonctions spéciales.

Néanmoins, si préférable qu'elle soit par sa simplicité et

sa portée, notre définition ne convient guère à notre but. Réservons ses termes pour nous en servir suivant l'occasion, nous ferons mieux à l'ordinaire d'employer la définition plus concrète qui lui est équivalente, de considérer les relations internes comme « des combinaisons définies de changements simultanés et successifs », les relations externes comme des « groupes de phénomènes coexistants et des séquences », et le lien qui les unit comme une « correspondance ».

CHAPITRE VI

LE DEGRÉ DE VIE VARIE EN RAISON DU DEGRÉ DE LA CORRESPONDANCE.

§ 31. Déjà nous avons vu, à propos de chacune des qualités comprises dans la définition précédente que la vie occupe dans l'échelle un degré plus élevé, selon que cette qualité est plus complète; nous remarquons maintenant qu'il en est de même de la qualité dont nous venons de parler, à savoir la correspondance entre les relations internes et externes. Il est manifeste *à priori*, que puisque les changements dont l'état physique du milieu, aussi bien que les actions mécaniques et les variations dans les aliments disponibles qui s'y produisent, sont susceptibles d'arrêter les opérations en cours dans l'organisme, que les changements d'accommodation de l'organisme ont pour effet de contre-balancer directement ou indirectement ces changements dans le milieu, la vie de l'organisme sera courte ou longue, inférieure ou supérieure, suivant l'étendue sur laquelle les changements dans le milieu rencontrent des changements correspondants dans l'organisme. Une part suffisante faite aux perturbations, la vie ne continue qu'autant que la correspondance continue; la plénitude de la vie demeure proportionnée à la plénitude de la correspondance; et la vie

n'est parfaite qu'autant que la correspondance est parfaite. Mais, sans nous attarder à des propositions générales, examinons ce principe sous des points de vue concrets.

§ 32. Dans la vie du plus bas degré, les coexistences et les séquences les plus importantes du milieu ont seules pour corrélatifs des changements simultanés et successifs de l'organisme. Les opérations vitales d'une plante présentent uniquement une accommodation à l'existence continue de certains éléments et de certaines forces autour de ses racines et de ses feuilles; elles ne varient qu'avec les variations produites dans ces éléments et ces forces par le soleil; elles restent insensibles aux innombrables changements mécaniques ou autres qui se passent à l'entour; excepté quand elles en sont accidentellement arrêtées. La vie d'un ver se compose d'actions qui se rapportent à peu près exclusivement aux propriétés tangibles des choses adjacentes. Tous les changements qui frappent l'ouïe et la vue, qui arrivent dans son voisinage et qui sont rattachés avec d'autres qui pourraient le détruire sur l'heure, passent inaperçus, ne produisent en lui aucun changement accommodé : la seule accommodation des relations internes aux externes qu'on lui connaît, c'est qu'il s'échappe à la surface du sol quand il sent les vibrations produites par l'approche de la taupe. Certes, les actes d'un oiseau sont accommodés à un bien grand nombre de coexistences et de séquences dans le milieu, qu'il peut connaître par la vue, l'ouïe et l'odorat et l'usage combiné de ces trois sens; ils sont nombreux aussi les dangers dont il se préserve et les besoins auxquels il pourvoit, en vertu de cette correspondance étendue; et pourtant l'oiseau ne présente aucune de ces actions par lesquelles l'homme contre-balance les variations de température

et celles qui surviennent dans la quantité des substances alimentaires, en conséquence des saisons. Mais voici que la plante est mangée, le ver foulé aux pieds, l'oiseau meurt de faim; c'est que la mort est un arrêt des correspondances qui existaient; la mort est survenue quand il y a eu quelque changement dans le milieu auquel l'organisme n'a répondu par aucun changement, ce qui nous montre brièvement et simplement que la vie était incomplète dans la proportion où la correspondance était incomplète. Le progrès vers une vie plus prolongée et supérieure implique évidemment une aptitude à répondre à des coexistences et à des séquences moins générales. Chaque pas en avant consiste à ajouter aux relations préalablement accommodées que présente l'organisme, quelque autre relation parallèle à une nouvelle relation dans le milieu. La correspondance plus grande qui en résulte doit, toutes choses égales d'ailleurs, se manifester par une plus grande complexité et une plus grande longueur de vie, principe que l'on comprendra parfaitement si l'on songe à la prodigieuse mortalité qu'on observe chez les êtres d'organisation inférieure, ainsi qu'à l'accroissement de la longévité et à la diminution de fécondité que nous rencontrons quand nous remontons vers des êtres d'une organisation de plus en plus développée.

Toutefois il faut remarquer que si la longueur et la complexité de la vie sont, dans une grande mesure, associées, tandis qu'une correspondance plus étendue dans les changements successifs implique communément un accroissement de correspondance dans les changements simultanés; il n'en est pourtant pas toujours ainsi. Entre les deux grands règnes de la vie, l'animal et le végétal, ce contraste n'est point vrai. Un arbre peut vivre mille ans, quoique les changements simultanés qui s'y passent ne répondent qu'à un très-petit

nombre d'affinités chimiques dans l'air et dans la terre, et quoique ses changements sériaires ne répondent qu'à ceux du jour et de la nuit, du temps et des saisons. La tortue, qui est bien loin de présenter en un temps donné le nombre d'actions internes accommodées que présente le chien, vit bien plus longtemps. L'arbre, grâce à son tronc massif, et la tortue, grâce à sa carapace dure, sont exempts de la nécessité de répondre à ces nombreuses actions mécaniques ambiantes que les organismes moins bien protégés doivent parer sous peine de mort; ou plutôt l'arbre et la tortue présentent dans leur structure certaines relations statiques simples accommodées pour faire obstacle aux effets d'innombrables relations dynamiques du dehors. Mais, malgré les restrictions que ces exemples suggèrent, il n'y a qu'à comparer un champignon microscopique avec un chêne, un animalcule avec un requin, une souris avec un homme, pour reconnaître que l'accroissement de la correspondance de ces changements avec ceux du milieu, qui est le caractère du progrès de la vie, se montre d'ordinaire en même temps dans la continuité et dans la complication.

Lors même que la connexion entre la longueur de la vie et la complexité de la vie ne serait pas aussi remarquable, il serait encore vrai que le degré de vie varie avec le degré de correspondance. En effet, si l'existence prolongée d'un arbre passe pour l'équivalent d'une vie supérieure, il faut admettre que la manifestation prolongée des correspondances qu'il nous présente, est l'équivalent d'un degré élevé de correspondance. Si d'ailleurs on soutenait que le chien, en dépit de son existence beaucoup plus courte, doit prendre rang au-dessus de la tortue quant au degré de vie, à cause de son activité supérieure, l'on supposerait que la vie est supérieure parce que ses changements simultanés et successifs sont plus

complexes et plus rapides, parce que la correspondance est plus grande. Puisque nous considérons comme le plus haut degré de vie celle qui, comme la nôtre, présente une grande complexité dans les correspondances, une grande rapidité dans leurs successions, une grande longueur dans les séries qu'elles forment, l'équivalence entre le degré de vie et le degré de correspondance est incontestable.

§ 33. Pour éclaircir davantage cette vérité générale, et spécialement pour expliquer les irrégularités auxquelles j'ai fait allusion, il est nécessaire d'observer qu'à mesure que la vie s'élève le milieu aussi devient plus complexe. Bien qu'à la lettre le milieu signifie tout l'espace ambiant avec les coexistences et les séquences qui y sont contenues, en pratique cependant il ne signifie souvent qu'une partie de cet ensemble. Le milieu d'un entozoaire ne s'étend guère au delà du corps de l'animal où l'entozoaire vit. Celui d'une algue d'eau douce est virtuellement limité au fossé que l'algue habite. A prendre le mot en ce sens restreint, nous verrons que les organismes supérieurs habitent des milieux plus compliqués.

En conséquence, comparée avec la vie qu'on trouve à la surface de la terre, celle que l'on rencontre dans la mer est inférieure, et son milieu est plus simple. Les êtres marins sont affectés par un plus petit nombre de coexistences et de séquences que les terrestres. D'une pesanteur spécifique très-voisine de celle du milieu ambiant, ils ont à lutter contre un plus petit nombre d'actions mécaniques. Le zoophyte planté sur une pierre et l'acalèphe qui se laisse entraîner passivement par le courant, n'ont besoin de subir aucun changement interne, tel que ceux par lesquels la chenille lutte contre les divers effets de la pesanteur quand elle rampe sur et sous les feuilles.

De plus, la mer n'est pas exposée à ces changements rapides et extrêmes de température qu'affecte l'air. La nuit et le jour n'y produisent aucune modification appréciable; elle ne reçoit des saisons que des effets comparativement faibles. Aussi sa faune ne présente-t-elle pas de relations de correspondance tranchées semblables à celles qui, chez les êtres à respiration aérienne, contre-balancent les changements thermiques. En outre, pour ce qui est des substances alimentaires, les conditions sont plus simples. Les espèces animales inférieures qui habitent l'eau, comme les plantes qui habitent l'air, trouvent leur nourriture autour d'elle. Le même courant qui porte à l'huître de l'oxygène lui apporte aussi l'animalcule microscopique dont elle vit; la matière désintégrante et la matière à intégrer coexistent dans la relation la plus simple. Il en est autrement des animaux terrestres. L'oxygène est partout, mais ce qui est nécessaire pour en neutraliser l'action n'est pas partout; il faut le chercher, et les conditions dans lesquelles il faut s'en emparer sont plus ou moins complexes. Il en est de même du liquide par l'action duquel les opérations vitales s'entretiennent. Pour les êtres de la mer, l'eau est partout présente; les plus inférieurs l'absorbent passivement, mais pour la plupart des êtres qui vivent sur la terre et dans l'air, elle ne devient effectivement utile que grâce aux changements nerveux qui constituent la perception et aux changements musculaires par lesquels s'effectue l'acte de boire. On pourrait pareillement continuer à montrer le contraste par rapport aux variations hygrométriques et électriques, et la multiplicité plus grande de phénomènes optiques et acoustiques dont la vie terrestre est environnée. En remontant à partir des amphibiens l'échelle de la complexité toujours plus grande que prend le milieu, au point de vue pratique, en observant en outre comment l'hétérogénéit

croissante de la flore et de la faune du globe complique à elle seule le milieu de chaque espèce d'organisme, on pourrait à la fin montrer que le même principe général se vérifie dans l'histoire de l'humanité. En effet, le progrès de l'humanité en civilisation a été simultané avec leur progrès à partir des nécessités moins variées de la zone torride jusqu'aux nécessités plus variées de la zone tempérée. Ses principales étapes ont été faites dans les régions qui présentent une géographie physique compliquée. Dans le cours de ses progrès, l'humanité a ajouté à son milieu physique un milieu social qui s'est développé en se compliquant toujours davantage. Ainsi, généralement parlant, il est clair que ces relations dans le milieu, auxquelles doivent correspondre des relations dans l'organisme, croissent elles-mêmes en nombre et en complication à mesure que la vie prend des formes plus élevées.

§ 34. — Pour rendre encore plus évident le fait que le degré de vie varie comme le degré de correspondance, je veux dire que les autres distinctions que j'ai signalées quand j'opposais les changements vitaux, sont toutes impliquées dans cette dernière différence : celle de leur correspondance avec les coexistences et les séquences externes. On peut y ajouter comme supplément que la réalisation de ces autres différences, qui sont l'accompagnement de l'élévation du degré de vie, est comprise dans l'accroissement de la réalisation de cette dernière différence. Descendons aux faits. Nous voyons que les organismes vivants sont caractérisés par des changements successifs, et que, à mesure que la vie s'élève dans l'échelle, les changements successifs deviennent plus nombreux. Assurément le milieu est rempli de changements successifs que doit présenter un organisme. Nous avons vu

que la vie nous montre des changements simultanés, et que plus elle est élevée, plus la multiplicité de ces changements est marquée. Ce n'est pas tout; outre les innombrables phénomènes de coexistence dans le milieu, il y a souvent bien des changements qui s'y produisent au même moment; en conséquence, un accroissement de correspondance avec le milieu suppose un accroissement de production des changements simultanés dans l'organisme. Il en est de même de l'hétérogénéité des changements. Dans le milieu, les relations sont d'espèces très-variées; en conséquence, comme les actions organiques en viennent de plus en plus à correspondre avec elles, il faut aussi que ces actions organiques deviennent d'espèces très-variées. Il en est encore ainsi même pour la nature définie de la combinaison. En effet, bien que les corps inorganiques dont le milieu se compose principalement ne présentent pas des changements combinés d'une manière définie, ils offrent pourtant des propriétés combinées d'une manière définie, et quoique les variations météorologiques secondaires du milieu ne présentent guère de combinaison de nature définie, celles qui résultent du jour et de la nuit ont ce caractère. Ajoutez encore que, puisque le milieu de chaque organisme comprend tous les autres organismes existant dans sa sphère de vie, puisque les changements ambiants les plus importants et les plus nombreux avec lesquels chaque animal a affaire, sont les changements combinés d'une manière définie présentés par d'autres animaux, sa proie ou ses ennemis, il en résulte que la nature définie des combinaisons est un caractère général des changements extérieurs avec lesquels les intérieurs ont à correspondre. En conséquence, l'accroissement de la correspondance implique un accroissement dans la nature définie des combinaisons. En sorte que partout la correspondance des relations internes

avec les externes est la chose essentielle, et que tous les caractères spéciaux des relations internes ne sont que les résultats parallèles de cette correspondance.

§ 35. Pour fournir la preuve la plus simple et la plus concluante que le degré de vie varie avec le degré de correspondance, il reste à faire voir que la correspondance parfaite serait la vie parfaite. S'il n'existait dans le milieu d'autres changements que ceux auxquels l'organisme a à opposer des changements accommodés, et s'il ne lui arrivait jamais d'en opposer d'insuffisants, l'existence éternelle et la connaissance universelle seraient réalisés. La mort par usure naturelle survient parce que dans la vieillesse la relation entre l'assimilation, l'oxydation et la genèse de force qui se font dans l'organisme, s'écarte peu à peu de la correspondance avec les relations entre l'oxygène et la nourriture et l'absorption de chaleur par le milieu. La mort par maladie survient, soit quand l'organisme est congénialement d'une force insuffisante pour balancer les actions externes ordinaires par les actions internes ordinaires, ou quand une action externe insolite a eu lieu à laquelle nulle action interne n'était là pour répondre. La mort par accident implique certains changements mécaniques voisins dont les causes ont échappé faute d'attention, ou tellement compliquées que leurs résultats ne sauraient être prévus; et qu'en conséquence certaines relations dans l'organisme ne sont pas accommodées aux relations du milieu. Il est évident, que, si à chaque coexistence ou séquence externe qui l'affecte à quelque degré que ce soit, l'organisme opposait un acte ou une opération qui y répondit, les changements simultanés seraient indéfiniment nombreux et complexes, et les changements successifs sans fin, c'est-à-dire que la corres-

pondance serait la plus grande qui se pût concevoir, et la vie la plus élevée qui se pût concevoir, aussi bien en degré qu'en durée.

§ 36. — Avant de clore ce chapitre, il sera utile de comparer la définition de la vie que nous venons de formuler avec la définition de l'évolution posée dans les *Premiers Principes*. Les corps vivants étant des corps qui présentent à un degré considérable les changements de structure qui constituent l'évolution, et la vie étant composée de changements fonctionnels qui accompagnent ces changements de structure, nous devons trouver une certaine harmonie entre la définition de l'évolution et celle de la vie. Cette harmonie ne fait pas défaut.

La première différence caractéristique que nous avons remarquée entre l'espèce de changement présenté par la vie, et d'autres espèces de changements, c'est son caractère sériaire : nous avons vu que le changement vital est essentiellement différent du non vital, en ce qu'il se compose de changements *successifs*. Or, puisque les corps organiques présentent à un aussi haut degré que les corps inorganiques des différenciations et les intégrations continues qui constituent l'évolution, et puisque les redistributions de matière poussées si loin dans un laps de temps relativement court, impliquent des redistributions concomitantes de mouvement ; il est clair que dans un temps donné, les corps organiques doivent subir des changements relativement aussi nombreux pour que le caractère de succession de leur changement acquière la valeur d'un signe distinctif. Il en résultera *à priori*, comme nous l'avons vu *à posteriori*, que les organismes qui présentent l'évolution au plus haut degré, présentent les successions de changements les plus longues ou les plus rapides,

ou bien les unes et les autres. De plus, nous avons vu que le changement vital se distingue du non vital en ce qu'il se compose de changements *simultanés;* nous avons vu aussi que les êtres qui possèdent une vitalité supérieure se distinguent de ceux qui possèdent une vitalité inférieure parce qu'ils présentent un bien plus grand nombre de changements simultanés. Ici, donc, l'accord est complet. Dans les *Premiers Principes*, § 156, nous sommes arrivés à la conclusion qu'une force tombant sur un agrégat se divise en diverses forces; que lorsque les agrégats se composent de parties dissemblables, chaque partie devient le centre de différenciations dissemblables de la force incidente; et que par suite la multiplicité de ces différenciations doit s'accroître avec la multiplicité des parties dissemblables. Il s'ensuit nécessairement que les agrégats organiques qui, comme classe, se distinguent des inorganiques par le grand nombre de leurs parties dissemblables, s'en distinguent aussi par le grand nombre de changements simultanés qu'ils présentent; et de plus que les agrégats organiques supérieurs ayant des parties dissemblables plus nombreuses que les inférieurs, doivent subir des changements simultanés plus nombreux. Nous avons vu ensuite que les changements survenus dans les corps vivants se distinguent de ceux qui se passent dans les corps bruts, en ce qu'ils sont plus *hétérogènes;* et que les changements qui surviennent dans les corps vivants supérieurs sont pareillement distingués de ceux qui se présentent dans les inférieurs. Donc l'hétérogénéité de fonction est le corrélatif de l'hétérogénéité de structure; et l'hétérogénéité de structure est le principal caractère qui distingue les agrégats organiques des inorganiques, aussi bien que ceux d'une organisation supérieure de ceux d'une organisation inférieure. Par réaction, il faut qu'une force incidente soit rendue mul-

tiforme en proportion de la multiformité de l'agrégat sur lequel elle tombe; en conséquence, les agrégats les plus multiformes qui présentent au plus haut degré les phénomènes d'évolution considérée au point de vue de la structure, doivent en même temps être des agrégats qui manifestent au plus haut degré les actions multiformes qui constituent l'évolution considérée au point de vue fonctionnel. Les changements hétérogènes qu'un organisme vivant présente simultanément et en succession se distinguent, en conséquence d'une nouvelle étude, par leur *combinaison*, d'avec certains changements non vitaux qui simulent la vie. Encore ici le parallélisme existe. Nous avons vu dans les *Premiers Principes* (§ 107-115) que le caractère essentiel de l'évolution est l'intégration de parties qui accompagne leur différenciation, intégration qui se montre tant dans la consolidation de chaque partie que dans la consolidation de toutes les parties en un tout. Or, évidemment, une combinaison. entre les changements qui ont lieu dans différentes parties combinées, doit être proportionnnée au degré de combinaison de ces parties : plus les parties sont mutuellement dépendantes, plus leurs actions doivent être mutuellement dépendantes. En conséquence, les corps animés qui possèdent une plus grande coordination de parties que les inanimés, doivent présenter une plus grande coordination de parties. Cette coordination plus grande de leurs changements ne doit pas seulement distinguer les agrégats organiques des inorganiques, mais aussi pour la même raison les organismes supérieurs d'avec les inférieurs, ce que nous constatons. Encore une fois, nous avons fait voir que les changements qui constituent la vie, diffèrent des autres changements par la nature *définie* de leur combinaison; et qu'une différence de même espèce, sinon de même degré, existe entre

les changements vitaux des êtres supérieurs et ceux des inférieurs. Ces différences, aussi, sont en harmonie avec celles que l'analyse de l'évolution a révélées. Nous avons vu (*Premiers Principes*, § 129-137) que durant l'évolution, il y a un accroissement dans la netteté de la distinction aussi bien que dans l'hétérogénéité. Nous avons vu que l'intégration qui accompagne la différenciation, a nécessairement pour effet d'accroître la différence caractéristique qui distingue les parties entre elles; et qu'ainsi, de l'incohérent et de l'indéfini sort le cohérent et le défini. Mais un tout cohérent composé de parties définies combinées d'une manière définie doit présenter des changements combinés d'une manière plus définie qu'un tout composé de parties qui ne sont ni définies en elles-mêmes, ni dans leur combinaison. Par suite, si les corps vivants présentent plus que d'autres corps des structures d'un caractère défini, le caractère défini de la combinaison doit être un caractère des changements qui constituent la vie, et doit aussi distinguer les changements vitaux des organismes supérieurs d'avec ceux des organismes inférieurs. Finalement, pourtant, nous découvrons que tous ces caractères sont subordonnés à un caractère fondamental, à savoir que les changements vitaux ont lieu en correspondance avec des coexistences et des séquences externes; et que la vie la plus élevée se trouve réalisée quand il se rencontre quelque relation interne d'actions appropriée pour lutter contre chaque relation externe d'actions qui affectent l'organisme. Mais cette conception de la vie la plus élevée possible est en harmonie parfaite avec la conception, déjà formulée, de la limite ultime de l'évolution. Quand nous traitions de l'équilibration telle qu'on l'observe dans les phénomènes organiques (*Premiers Principes*, §§ 173, 174) nous avons montré qu'ils tendent continuellement vers l'établissement

d'un équilibre entre les changements internes et les externes. Nous y avons fait voir que « les arrangements terminaux de structure doivent être tels qu'ils puissent opposer des forces antagonistes équivalentes à toutes les forces qui agissent sur l'agrégat », et que « le maintien d'un équilibre mobile exige la production habituelle de forces internes correspondant en nombre, direction et intensité, aux forces externes incidentes, c'est-à-dire autant de fonctions internes, isolées ou combinées, qu'il y a d'actions extérieures à contre-balancer ». Nous avons fait voir aussi, que les relations entre les conceptions et les idées sont toujours en progrès vers un équilibre meilleur entre les actions mentales et les actions du milieu auxquelles la conduite doit être ajustée. De sorte que le maintien d'une correspondance entre les relations internes et les externes, qui d'après ce que nous venons de voir constituent la vie, et dont la perfection est la perfection de la vie, ce maintien répond complétement à l'état d'équilibre mobile qui se forme, ainsi que nous l'avons vu, dans le cours de l'évolution, et tend toujours à devenir plus complet.

Ce parallélisme complet renferme un enseignement d'une grande valeur. Que deux études partant de points différents et poussées dans des voies différentes conduisent à des conclusions si complétement d'accord entre elles, c'est un résultat qui ne saurait manquer de confirmer ces conclusions, si elles avaient besoin d'une confirmation nouvelle.

CHAPITRE VII

LE DOMAINE DE LA BIOLOGIE

§ 37. Nous sommes à présent en état de déterminer les limites et les divisions de notre sujet. En groupant ensemble les résultats généraux obtenus dans les trois premiers chapitres et en y joignant ceux que nous avons recueillis dans le dernier, nous nous trouverons préparés à embrasser la science de la biologie dans son ensemble, et à voir comment on peut donner à ses principes la meilleure classification.

Les généralisations obtenues dans les chapitres qui traitent de la matière organique, des actions des forces sur elle, et de ses réactions sur les forces, sont les suivantes : la matière organique est sensible d'une manière spéciale aux agents ambiants; en conséquence de l'extrême instabilité des composés qui la constituent, de légères perturbations peuvent y causer des redistributions très-étendues; et pendant que ces atomes, arrangés d'une façon instable, passent à des arrangements stables, des quantités de mouvement d'une grandeur proportionnelle se trouvent dégagées. Nous avons vu que la matière organique est constituée de telle sorte, que des actions incidentes faibles sont capables de mettre en jeu des réactions considérables, qui établissent des

changements étendus de structure, et mettent en liberté de grandes quantités de force. Dans les chapitres que nous venons d'achever, nous avons vu que les changements dont la vie se compose sont adaptés de façon à contre-balancer les changements externes. Nous avons vu aussi que l'opération générale de l'adaptation se réduit à ceci que, si dans le milieu il se passe des actions unies par un rapport, A et B, qui affectent l'organisme, si A produit dans l'organisme quelque changement *a*, il se produit en conséquence dans l'organisme un changement *b* propre, quant au temps, à la direction et à l'intensité, à contre-balancer l'action B, changement qui doit souvent être plus grand que son antécédent. Or remarquez la relation qui existe entre ces deux résultats terminaux. D'une part, pour maintenir la correspondance entre les actions internes et externes qui constituent la vie, il faut qu'un organisme soit susceptible de petits changements sous l'influence de forces externes faibles (comme dans la sensation), et il faut qu'il soit capable de mettre en jeu de grands changements en opposition à de grandes forces externes (comme dans l'action musculaire). D'un autre côté la substance organique est à la fois extrêmement sensible aux forces perturbatrices de tout genre, et capable de dégager subitement du mouvement en grande quantité ; c'est à-dire que la constitution de la substance organique la rend propre à recevoir et à produire les changements internes nécessaires pour contre-balancer des changements externes.

Puisque tel est le caractère général des fonctions vitales, et celui de la matière dans laquelle elles s'accomplissent, la science de la biologie devient une exposition de tous les phénomènes qui se rattachent à l'accomplissement de ces fonctions par cette matière, c'est-à-dire une exposition de toutes leurs conditions, des phénomènes qui les accompa-

gnent, et de ceux qui en sont les conséquences, dans les diverses circonstances parmi lesquelles tombent les corps vivants. Si tous les phénomènes fonctionnels que présentent les corps vivants sont, comme nous l'avons reconnu, des conséquences de la conservation d'une correspondance entre les actions internes et les externes, et si tous les phénomènes de structure que présentent les corps vivants sont des phénomènes concomitants directs ou indirects des phénomènes fonctionnels, la science de la vie doit consister tout entière en une interprétation détaillée de tous ces phénomènes de fonction et de structure dans leurs relations avec les phénomènes du milieu. Directement ou indirectement, de près ou de loin, chaque trait propre aux corps organiques qui les distingue des inorganiques doit pouvoir être rapporté à cette adaptation continue entre leurs actions et celles qui s'accomplissent autour d'eux.

Puis, donc, que telle est la nature de notre sujet, nous pouvons le diviser comme il suit :

I. Une exposition des phénomènes de structure présentés par les organismes, subdivisés en :

a. Phénomènes de structure présentés par les organismes individuels.

b. Phénomènes de structure présentés par des successions d'organismes.

II. Une exposition des phénomènes fonctionnels que présentent les organismes, subdivisés également en :

a. Phénomènes fonctionnels qu'on observe dans les organismes individuels.

b. Phénomènes fonctionnels qu'on observe dans les successions d'organismes.

III. Une exposition des actions de structure sur la fonction, et des réactions de la fonction sur la structure, comme les autres, divisées en :

a. Actions et réactions présentées dans les organismes individuels.

b. Actions et réactions présentées dans les successions d'organismes.

IV. Une exposition des phénomènes qui accompagnent la production des successions d'organismes, en d'autres termes les phénomènes de genèse.

Il y a aussi une autre façon de grouper les faits de la biologie, avec laquelle tout le monde est familier. Suivant qu'ils appartiennent à la vie animale ou à la vie végétale, on peut les classer sous le nom de *zoologie* ou de *botanique.* Mais cette division, bien que commode et même nécessaire pour les besoins de la pratique, ne doit pas nous occuper ici. Traitant des structures et des fonctions organiques en rapport avec leurs causes, conditions, accompagnements et conséquences, la biologie ne saurait comporter la division en biologie animale et en biologie végétale, puisque les mêmes classes fondamentales de phénomènes sont communes à l'une et à l'autre. Bornons-nous à reconnaître cette distinction familière juste dans la mesure où notre commodité nous oblige à le faire, et passons à une étude plus détaillée de la classification des phénomènes biologiques, dont nous avons consigné les principaux traits.

§ 38. Les faits de structure qu'on observe dans un organisme individuel appartiennent à deux espèces principales. Les premiers qu'on remarque, mais non les premiers en date, sont les arrangements définitifs de parties qui caractérisent

l'organisme à son état de maturité, dont l'exposition, communément appelée anatomie, serait plus convenablement dénommée *morphologie*. En second lieu viennent ces modifications successives par lesquelles passe l'organisme dans le cours de son développement depuis le germe jusqu'à la forme adulte, et dont l'exposé s'appelle *embryologie*.

Les faits de structure, présentés par une succession d'organismes individuels, comportent une classification semblable. D'une part nous retrouvons ces différences internes et externes de forme qui peuvent s'établir entre les membres adultes des générations successives issues d'un tronc commun, différences qui d'ordinaire ne sont pas tranchées entre les générations contiguës, mais qui peuvent, après plusieurs générations, devenir considérables. D'autre part nous reconnaissons les modifications de développement par lesquelles s'obtiennent ces modifications de formes transmises.

Deux divisions subsidiaires de l'étude de la biologie, appelées *anatomie comparée* (proprement morphologie comparée) et *embryologie comparée*, aident à interpréter les structures que l'on observe chez les organismes individuels et dans les successions d'organismes. On aurait tort de voir dans ces divisions des parties de la biologie proprement dite; puisque les faits qu'elles comprennent ne sont pas des phénomènes essentiels, mais des conséquences accessoires de phénomènes essentiels. Tous les faits de la biologie structurale sont compris dans les deux subdivisions précédentes, et la comparaison des faits qui se présentent dans différentes classes d'organismes est simplement une *méthode* destinée à interpréter les relations réelles et les rapports de dépendance des faits soumis à la comparaison.

Néanmoins, quoique la morphologie et l'embryologie com-

parées ne nous révèlent pas de nouvelles séries de faits concrets ou spéciaux, elles nous apprennent à poser certains faits généraux ou abstraits. Nous voyons alors manifestement que sous le voile des différences superficielles des groupes, des classes et des types d'organismes, existent des ressemblances fondamentales, et que si, à beaucoup d'égards, le cours du développement dans chacun de ces groupes, classes et types, suit des lignes divergentes, à quelques égards essentiels, il suit la même ligne. Les grands principes que ces faits nous découvrent rentrent dans les divisions de la morphologie et de l'embryologie générales.

Quand on constate les contrastes des structures des organismes, on obtient un groupement des semblables et une séparation des dissemblables, qu'on appelle classification. Premièrement par l'observation des caractères externes, secondement par l'observation des caractères internes, troisièmement par l'observation des phases du développement, on constate quels sont les organismes qui se ressemblent le plus par tous les détails, quels sont les organismes qui sont le plus semblables entre eux dans chaque attribut important, quels sont les organismes qui possèdent les mêmes caractères primordiaux. De ce travail résulte en définitive un arrangement d'organismes tel, que certains attributs de structure de l'un d'entre eux étant donnés, on peut en affirmer *empiriquement* les autres attributs de structure ; arrangement qui prépare la voie à l'interprétation des relations et de la genèse des organismes, c'est-à-dire à une partie importante de la biologie *rationnelle*.

§ 39. La seconde division principale de la biologie que nous avons vue ci-dessus comprendre les phénomènes fonctionnels des organismes est celle dont une partie s'appelle

physiologie, l'autre partie recevant le nom de *psychologie.* L'une et l'autre comportent des subdivisions qu'il vaut mieux traiter séparément. La partie de la physiologie qui s'occupe des changements moléculaires accomplis dans les organismes est connue sous le nom de *chimie organique.* L'exposition des modes suivant lesquels la force engendrée dans les organismes par les changements chimiques se transforme en d'autres forces, et font travailler les divers organes qui accomplissent les fonctions de la vie, reçoit le nom de *physique organique.* La psychologie, qui s'occupe surtout de l'adaptation des actions vitales aux actions du milieu (en opposition avec la physiologie, qui s'occupe principalement des actions vitales indépendamment des actions du milieu), se compose de deux portions distinctes. La psychologie objective s'occupe des fonctions de l'appareil nervoso-musculaire par lequel les organismes qui en sont pourvus sont mis à même d'adapter leurs relations internes aux externes; elle comprend aussi l'étude des mêmes fonctions en tant que manifestées extérieurement dans la conduite. La psychologie subjective s'occupe des sensations, perceptions, idées, émotions et volitions qui sont les accompagnements directs ou indirects de cette adaptation visible des relations internes aux externes; elle prend pour objet les diverses espèces d'états de conscience dans leur genèse et leurs relations de coexistence et de succession. La conscience en ses différents modes et sous ses diverses formes, est, par sa nature, un sujet radicalement distinct du sujet de la biologie en général; et la méthode de l'analyse subjective par laquelle seule peuvent être trouvées les lois de dépendance qui règlent les changements de la conscience, étant une méthode sans analogue dans toute la biologie, nous sommes obligés de considérer la psychologie subjective comme une étude séparée,

non pas absolument, sans doute, mais relativement à l'esprit de chaque personne qui la fait.

Comme il ne conviendrait guère de séparer la psychologie objective d'avec la subjective, nous sommes obligé en pratique de traiter l'une et l'autre comme si elles formaient une sous-science indépendante qu'il convient de traiter à part des divisions inférieures de la biologie.

Évidemment les phénomènes fonctionnels qui se présentent dans les successions d'organismes se divisent pareillement en physiologiques et psychologiques. Les physiologiques sont les modifications d'actions corporelles qui naissent dans le cours des générations, comme accompagnement des modifications de structure; celles-ci peuvent être des modifications qualitatives ou quantitatives dans les changements moléculaires appelés chimiques, ou dans les actions organiques appelées physiques ou dans les deux genres. Les psychologiques sont les modifications qualitatives ou quantitatives d'instinct, de sentiments, de conceptions et de changements mentals en général, qui surviennent chez des créatures douées de plus ou moins d'intelligence, quand certaines de leurs conditions se trouvent changées. Cette division de la psychologie a, comme la précédente, au point de vue abstrait, deux aspects différents, l'objectif et le subjectif. En pratique, pourtant, l'objectif qui s'occupe des modifications mentales manifestées dans les changements des habitudes et des aptitudes des générations successives, est la seule qui comporte une recherche scientifique, puisque les changements correspondants qui surviennent dans la conscience, ne peuvent être immédiatement connus de personne que de ceux qui en sont les sujets. Évidemment, nous ne pouvons éviter de placer cette partie de la psychologie avec les autres dans une sous-science distincte.

Quand on compare des organismes de différents genres, la lumière se fait sur les fonctions aussi bien que sur les structures. La physiologie comparée et la psychologie comparée sont les noms que reçoivent ces collections de faits au point de vue des homologies et des analogies corporelles et mentales que ce genre de recherches met en lumière. Ces observations classées, portant sur les ressemblances et les différences des fonctions, nous aident à interpréter les fonctions dans leur nature et leurs relations essentielles. En conséquence les mots physiologie comparée et psychologie comparée sont des noms de méthodes plutôt que de véritables divisions de la biologie.

Toutefois, ici comme plus haut, la comparaison de vérités spéciales, outre qu'elle facilite leur interprétation, met en lumière certaines vérités générales. L'opposition des fonctions corporelles et mentales que nous présentent les divers ordres d'organismes, montre qu'il existe entre ces fonctions, dans une étendue plus ou moins grande, une communauté d'opération et de méthode. En conséquence, il y a deux groupes de propositions abstraites, constituant la physiologie générale et la psychologie générale.

§ 40. Dans ces diverses divisions et subdivisions des deux premiers grands départements de la biologie, les phénomènes de structure sont considérés à part des phénomènes de fonction, autant qu'il est possible de les traiter séparément. Le troisième grand département de la biologie s'occupe d'eux dans leurs relations nécessaires, il comprend la détermination des fonctions par les structures, et la détermination des structures par les fonctions.

L'action des structures sur les fonctions, telle qu'elle se manifeste dans les organismes individuels, doit être étudiée,

non-seulement dans le fait universel et bien connu que le genre de vie qu'en général l'organisme mène est nécessité par les principaux caractères de son organisation, mais encore dans le fait moins apparent qu'entre les membres d'une même espèce, des différences secondaires de structure amènent des différences moindres de la faculté d'accomplir certains genres d'action. Réciproquement, parmi les réactions de la fonction sur la structure observées chez les organismes individuels, viennent se placer les faits qui montrent que ces fonctions, remplies dans toute leur plénitude normale, conservent l'intégrité de la structure dans leurs organes respectifs, et que, dans certaines limites, l'accroissement des fonctions est suivi dans leurs organes respectifs de changements de structure qui permettent aux organes de mieux remplir leur fonction supplémentaire.

L'étude des actions de la structure sur la fonction que l'on observe dans les successions d'organismes nous conduit aux phénomènes dont M. Darwin s'est occupé dans l'*Origine des espèces*. Dans cette catégorie rentrent toutes les preuves du principe général que lorsqu'un individu est mis en état par certaine particularité de structure d'accomplir mieux que d'autres individus de la même espèce quelque action avantageuse; qu'il transmet ensuite à ses descendants un nombre plus ou moins grand des particularités de structure qu'il possède, et que parmi ces descendants ceux qui en sont le plus largement doués sont plus susceptibles de prospérer et de se propager; qu'il se forme, grâce à cette action continuelle de la structure sur la fonction un type de structure visiblement modifié possédant une fonction plus ou moins distincte. Dans la classe corrélative de faits qui rentrent dans la catégorie des réactions de la fonction sur la structure qu'on observe dans les successions d'organismes, il faut placer les modifi-

cations de structure qui se produisent dans les races, quand les changements de conditions introduisent des changements dans la balance de leurs fonctions. C'est là qu'il faut étudier le mode suivant lequel une fonction modifiée, résultat nécessaire des conditions du dehors, produit par réaction une structure modifiée. C'est là aussi qu'il faut voir comment, dans les générations qui se succèdent, cette structure modifiée peut, sous l'influence de cette fonction modifiée, devenir de plus en plus tranchée. Bien que logiquement distinctes, ces deux subdivisions de la science biologique ne sauraient en pratique être étudiées séparément. Une particularité de structure qui amène un excès de fonction dans un sens quelconque, devient, par la réaction perpétuelle de la fonction, toujours plus tranchée. Une particularité de fonction, parce qu'elle suscite une particularité correspondante de structure, assure à la fonction un jeu de plus en plus efficace. Que ce soit la fonction ou la structure qui commence le changement, il s'exerce entre elles un échange incessant d'actions et de réactions qui produit en elles des modifications coordonnées.

La quatrième grande division de la biologie, comprenant les phénomènes de genèse, peut être divisée en trois subdivisions.

§41. La première est une description de tous les modes spéciaux par lesquels s'opère la multiplication des organismes, modes qui se rangent sous les deux dénominations de sexuels et de non sexuels. Une exposition de la multiplication sexuelle comprend les diverses méthodes par lesquelles les germes et les œufs sont fécondés, et par lesquelles, après la fécondation, ils se trouvent pourvus de matériaux et entretenus dans les conditions nécessaires à leur

développement. Une exposition de la multiplication non sexuelle comprend les diverses méthodes par lesquelles, du même germe ou œuf fécondé, sont produits plusieurs organismes en partie ou en totalité indépendants les uns des autres.

La seconde subdivision s'occupe des phénomènes de genèse au point de vue abstrait. Elle a pour sujet les questions générales suivantes : Quelle est la fin à laquelle sert l'union de la cellule spermatique et de la cellule germinative? Pourquoi toutes les multiplications ne peuvent-elles se faire d'après la méthode non sexuelle? Quelles sont les lois de la transmission héréditaire? Quelles sont les causes de variation?

La troisième subdivision est consacrée à des points de vue encore plus abstraits. Reconnaissant les faits généraux de multiplication, sans considérer leurs causes ou modes immédiats, elle s'occupe simplement des divers coefficients de multiplication dans les diverses espèces d'organismes, et les divers individus de la même espèce. Généralisant les nombreux contrastes et les variations de fécondité, elle cherche une explication qui rende compte de leurs relations avec d'autres phénomènes organiques.

§ 42. Tel paraît être l'arrangement naturel des divisions et des subdivisions que présente la biologie, regardée du point de vue le plus élevé, comme la science de la vie, la science qui a pour sujet la correspondance des relations organiques avec les relations parmi lesquelles les organismes existent. C'est plutôt une classification des parties de la biologie, arrivée à son complet développement, qu'une classification des parties de la biologie telle qu'elle est aujourd'hui. Plusieurs subdivisions que nous venons de dénommer n'ont pas encore d'existence reconnue, et d'autres ne sont encore qu'à

l'état rudimentaire. Il est donc impossible à présent de faire plus que de remplir, et encore par de simples ébauches, les cadres que nous venons de tracer.

Comme le cours de notre étude est déterminé dans une grande mesure par l'état actuel de la connaissance, nous sommes forcé de suivre un ordre très-différent de l'ordre idéal que nous avons tracé. Il sera d'abord nécessaire de faire un exposé des généralisations empiriques établies par les naturalistes et les physiologistes : nous les arrangerons plutôt en vue d'en faciliter l'intelligence que d'après leur succession logique, et nous ajouterons à celles qui en sont susceptibles les interprétations déductives que les *Premiers principes* nous fournissent. Cela fait, nous serons mieux préparés pour traiter des principes fondamentaux de la biologie dans leurs rapports avec la doctrine de l'évolution.

DEUXIÈME PARTIE

LES INDUCTIONS DE LA BIOLOGIE

CHAPITRE PREMIER

LA CROISSANCE

§ 43. — Un organisme croît : telle est peut-être l'induction la plus vaste et la plus connue de la biologie. Ce caractère se présente si habituellement et d'une façon si marquée chez les plantes et les animaux, qu'on se laisse aller à croire qu'il leur est particulier; toutefois il n'en est pas ainsi. Dans des circonstances convenables, l'accroissement de volume se montre dans les agrégats inorganiques aussi bien que dans les organiques. Les cristaux croissent, et souvent ils croissent plus rapidement que les corps vivants. Quand les matériaux nécessaires se trouvent fournis dans les formes nécessaires, on peut constater une croissance dans des masses non cristallines : par exemple dans l'amas fongiforme de charbon qui se dépose sur la mèche d'une chandelle qu'on n'a pas mouchée. Sur une échelle immensément plus grande, nous retrouvons la croissance dans les formations géologiques : l'accumulation lente d'un sédiment déposé sous forme d'une couche ne se distingue pas de la croissance dans son acception la plus large. Si nous remontons à la genèse des corps

célestes, dans l'hypothèse de l'évolution, nous trouvons que ces corps ont aussi passé par une croissance pour arriver à la forme définie que nous observons. On peut dire que la croissance est un accompagnement de l'évolution; et si l'évolution d'un genre ou d'un autre est un fait universel, la croissance est un fait universel, universel en ce sens que tous les agrégats se présentent en quelque façon et à quelque moment de leur durée.

Où l'on voit le mieux la communauté essentielle de nature entre la croissance organique et l'inorganique, c'est quand on remarque qu'elles se produisent l'une et l'autre de la même manière. La ségrégation des différentes espèces de détritus les uns d'avec les autres, aussi bien que d'avec l'eau qui les charrie, et leur agrégation en couches distinctes, n'est autre chose qu'un exemple d'une tendance universelle vers l'union des unités semblables et la séparation des unités dissemblables (*Premiers principes*, § 163). Le dépôt d'un cristal dans une solution est une différenciation d'atomes auparavant mélangés; une intégration d'une classe d'atomes en un corps solide, et de l'autre classe d'atomes en un liquide dissolvant. Est-ce que la croissance d'un organisme n'est pas une opération essentiellement semblable? A l'entour d'une plante il existe de certains éléments qui sont semblables à ceux qui forment sa substance, l'accroissement de son volume s'effectue par une intégration continue dans la plante de ces éléments semblables qui l'entourent. L'animal ne diffère pas essentiellement à ce point de vue de la plante ou du cristal. Sa nourriture est une partie de la matière ambiante, qui contient des atomes composés semblables aux atomes composés qui constituent ses tissus; que ce soit par simple imbibition, ou par la digestion, l'animal intègre en définitive en lui-même des unités semblables à celles dont

il est construit, et laisse les unités dissemblables. Pour éviter de se faire de la croissance une idée fausse, il convient de remarquer que la croissance comme nous venons de la définir doit être distinguée de certaines augmentations de volume apparentes et réelles qui la simulent. Ainsi les longs jets blancs que poussent les pommes de terre qui croissent dans l'obscurité, se produisent aux dépens des substances contenues dans le tubercule : ce sont des exemples non de l'accumulation de matière organique, mais simplement de son réarrangement. De plus certains embryons animaux, durant les premières périodes de leur existence, augmentent considérablement de volume sans assimiler des solides empruntés au milieu : ils augmentent en absorbant l'eau ambiante. Même dans les organismes supérieurs, chez l'enfant par exemple, on voit quelquefois se produire un accroissement rapide des dimensions du corps, qui n'est pas une mesure exacte de la quantité de matière organique qui lui a été ajoutée; cet accroissement dépend en partie de changements analogues à ceux dont je viens de parler. Des modifications de ce genre ne doivent point être confondues avec le développement proprement dit, dont nous avons à nous occuper.

Le fait général que nous rencontrons d'abord dans l'étude de la croissance organique, c'est qu'elle a des limites. Il constitue une différence caractéristique entre la croissance organique et l'inorganique, mais cette différence n'est nullement définie. Quoique l'agrégation de matière inanimée que produit la simple attraction puisse aller à l'infini, il semble qu'il y ait une fin à ce genre défini d'agrégation qui résulte de l'attraction polaire. Des éléments et des composés différents forment d'ordinaire des cristaux plus ou moins dissemblables par leur volume, et chacun paraît avoir un

volume qui d'ordinaire n'est pas dépassé sans qu'il se produise une tendance à former un nouveau cristal plutôt qu'à augmenter l'ancien. A considérer le règne organique comme un tout, nous voyons que les limites entre lesquelles la croissance se meut, sont très-largement espacées. A une extrémité, nous avons des monades si ténues que les microscopes de la plus grande puissance ne les rendent visibles qu'imparfaitement; et à l'autre extrémité nous trouvons des arbres de cent mètres de haut et des animaux de cinquante mètres de long. Il est vrai que si en un sens on a le droit de tracer cette distinction, en un autre on ne l'a pas, puisque les plus grands organismes sont formés de la combinaison d'unités qui individuellement ressemblent aux plus petites. Un seul végétal du genre *protococcus* a la même structure que l'une des nombreuses cellules unies ensemble pour former le thallus d'une algue supérieure, ou la feuille d'un phanérogame. Chaque rameau d'un phanérogame porte ordinairement plusieurs feuilles. Un arbre est un assemblage de nombreuses branches unies. Un de ces grands téléophytes se trouve donc être un agrégat d'agrégats d'unités qui séparément ressemblent toutes aux protophytes par le volume et la structure. On peut reconnaître une construction analogue dans une grande partie du règne animal. Cependant, alors même que nous nous rappelons cette restriction et que nous comparons des organismes de même degré de composition, nous trouvons encore que les limites de la croissance comprennent une grande étendue. La plus petite plante phanérogame est très-peu de chose à côté d'un arbre de haute futaie, et il y a une différence de volume énorme entre le plus petit et le plus grand mammifère. Mais quand nous comparons les membres de la même espèce, nous reconnaissons que les limites de la croissance sont beaucoup moins variables. Chez

les protozoaires et les protophytes, chaque espèce a un volume assez constant dans l'adulte; et chez les organismes plus complexes, les différences entre ceux de même espèce arrivés à maturité, ne sont d'ordinaire pas très-grandes. Les plantes composées présentent, il est vrai, quelquefois des contrastes tranchés entre les individus rabougris et ceux qui sont bien venus; mais les animaux supérieurs ne s'écartent guère des types moyens de leur espèce.

En repassant les faits en vue d'une généralisation empirique des causes de ces différences, nous nous assurons promptement que ces causes, par la variété de deux combinaisons et par leur antagonisme réciproque, produisent des résultats très-irréguliers. Il devient évident qu'on ne saurait remonter d'une cause à ses effets, indépendamment des autres. Par suite il ne faut pas oublier que les diverses propositions contenues dans les paragraphes suivants sont susceptibles de recevoir des modifications les unes à cause des autres.

Considérons d'abord la relation entre le degré de croissance et la complexité de structure. Cette relation étant mêlée à beaucoup d'autres ne devient apparente que lorsqu'on prend la moyenne des comparaisons de façon à éliminer les différences. Mais cela ne se peut quand les conditions sont radicalement dissemblables, comme entre les plantes et les animaux. Toutefois, en ne perdant pas de vue ces restrictions, nous verrons que l'organisation a une influence déterminante sur l'accroissement de la masse. Parmi les plantes, les plus inférieures, celles qu'on appelle thallogènes, n'atteignent pas ordinairement un volume considérable. Les lichens, les algues et les champignons ne comptent qu'un petit nombre de leurs espèces qui soient volumineuses : les plus grandes, comme certaines algues

qu'on rencontre dans les mers antarctiques, ne contribuent pas beaucoup à augmenter la moyenne. Quoique parmi les acrogènes, comme les fougères arborescentes, il y en ait qui atteignent une hauteur considérable, la majorité n'a qu'une faible taille. Les endogènes, qui comptent à une extrémité de petites herbes et à l'autre les hauts palmiers, nous offrent une moyenne et un maximum supérieur à celui des acrogènes. Les exogènes l'emportent encore sur les endogènes. Parmi les exogènes nous rencontrons les rois du règne végétal. Chez les animaux, nous trouvons que le volume atteint par les vertébrés est d'ordinaire beaucoup plus grand que celui des invertébrés. Parmi ceux-ci, les plus petits, appelés protozoaires, sont aussi les plus simples; et les plus grands qui appartiennent aux embranchements des annelés et des mollusques, sont au nombre des plus complexes de leurs types respectifs. Parmi les vertébrés, nous trouvons que les plus grands sont les mammifères et que si, dans les époques écoulées, il y avait des reptiles d'un grand volume, ce volume n'atteignait pourtant pas celui de la baleine. Entre les reptiles et les oiseaux, et entre les vertébrés de terre et ceux de mer, la relation n'est pas vraie, les conditions d'existence étant dans ces cas très-différentes. Mais chez les poissons et chez les reptiles, à ne les considérer que dans leur classe, on peut observer, généralement parlant, que les plus grandes espèces sont formées des types les plus élevés. Le lecteur, dont l'esprit de critique s'est éveillé en présence de ces propositions, a sans doute déjà vu que cette relation ne met pas l'organisation sous la dépendance de la croissance, mais la croissance sous la dépendance de l'organisation. La majorité des exogènes sont plus petits que certains endogènes; plusieurs endogènes sont dépassés en hauteur par certains acrogènes; et même parmi les thallogènes, les moins

développées des plantes, il y a des espèces dont le volume n'est point atteint par un grand nombre de plantes des ordres supérieurs. Pareillement chez les animaux : beaucoup de crustacés sont plus petits que les *actinies;* beaucoup de reptiles sont plus petits que certains poissons; la majorité des mammifères sont inférieurs en volume aux plus grands reptiles; et en comparant une souris à une méduse bien développée, nous reconnaissons qu'un animal élevé dans l'échelle de l'organisation est dépassé en grosseur par un autre qui n'occupe dans l'échelle qu'un rang très-inférieur. Il est donc évident qu'on ne saurait soutenir qu'une organisation supérieure s'accompagne d'un grand volume. La proposition à l'appui de laquelle nous venons d'apporter des exemples est la réciproque, à savoir qu'un grand volume s'accompagne d'une organisation supérieure. Le fait frappant que les plus grandes espèces d'animaux et de végétaux appartiennent aux classes les plus élevées, et que dans toutes leurs diverses sous-classes les plus élevées renferment les formes les plus volumineuses, nous fait voir cette relation aussi clairement que nous pouvions nous attendre à la rencontrer au milieu de tant de causes et de conditions capables de la modifier.

La relation entre la croissance et l'apport de nourriture utile est une relation trop familière pour avoir besoin de preuve. Toutefois elle offre certains points de vue qu'il faut étudier au préalable si l'on veut faire un examen complet de tout ce qu'elle implique. Chez les plantes qui sont toutes en contact constant avec les substances gazeuses, liquides et solides qui doivent être incorporées dans leurs tissus, et qui, dans la même localité, reçoivent des quantités peu différentes de lumière et de chaleur, les différences dans l'apport de nourriture utile n'ont qu'un rapport secondaire avec les

différences de croissance. Sans doute dans un groupe d'herbes naissant des semences tombées d'une plante, le volume plus grand que certaines d'entre elles présentent, est dû à une nutrition meilleure, résultat d'avantages accidentels; mais ce n'est pas ainsi qu'on peut expliquer le contraste que présentent le volume de ces herbes et celui des arbres du voisinage. D'autres conditions ont ici leur rôle : l'une des plus importantes consiste probablement en ce que dans un cas il existe et dans l'autre il n'existe pas une aptitude à sécréter une quantité de fibre ligneuse qui produise une tige capable de porter un grand développement. Toutefois chez les animaux qui (à l'exception de certains entozoaires) diffèrent des plantes en ce qu'au lieu de baigner leur surface, les matières dont ils subsistent sont dispersées et doivent être cherchées, la relation entre la nourriture utile et la croissance se montre avec plus de régularité. Les protozoaires, vivant de fragments microscopiques de matière organique contenue dans l'eau ambiante, sont incapables durant leur courte vie d'accumuler une quantité considérable d'aliments. Les polypes et les molluscoïdes ayant pour proie ces membres à peine visibles du règne animal, encore qu'ils soient gros en comparaison de leur proie, sont petits à côté d'autres types : même quand ils sont agrégés en groupes formés de plusieurs individus qui séparément se procurent de la nourriture pour le bien commun. Ils sont souvent si peu visibles qu'on ne les aperçoit pas du premier coup. Si en partant de ce point nous passons en revue les degrés successifs de l'échelle animale, il devient manifeste qu'en raison de la grandeur du volume de l'animal, les masses alimentaires sont ou bien grandes ou, ce qui en pratique revient au même, si abondantes et si bien à portée que l'animal en peut absorber une grande quantité. Le plus grand des mam-

mifères la baleine des mers arctiques, il est vrai, ne se nourrit que d'animaux relativement petits, comme des acalèphes et des mollusques qui flottent dans les mers qu'elle habite, mais sa façon d'en engloutir des masses et de filtrer en la rejetant l'eau qui les porte, la met à même de s'assurer une grande quantité de nourriture. Nous pouvons dire avec certitude que, toutes choses égales, la croissance d'un animal dépend de l'abondance et du volume des masses d'aliments qu'il a les moyens de s'approprier. Il est peut-être nécessaire d'ajouter que dans l'interprétation de cette proposition, il faut tenir compte du nombre des compétiteurs. Évidemment nous ne voulons pas parler de l'abondance absolue de nourriture, mais de l'abondance relative; et cette abondance relative dépend beaucoup du nombre des individus qui se disputent la nourriture. Tous ceux qui ont l'expérience de la pêche dans les lacs des Highlands d'Écosse savent bien que partout où les truites sont nombreuses, elles sont petites, et que partout où elles sont relativement grosses, elles sont rares.

Quelle est la relation entre la croissance et la dépense de force? telle est la question qui se présente ensuite à nous. Quoiqu'il y ait lieu de croire que cette relation existe, elle n'est pas très-facile à décrire, embarrassée qu'elle est au milieu de tant d'autres relations. Toutefois on peut indiquer certains contrastes qui semblent nous en apprendre quelque chose. Laissons le règne végétal, dans lequel la dépense de force est trop petite pour qu'on puisse apercevoir cette relation, et cherchons dans le règne animal s'il y a des classes d'ailleurs voisines qui contrastent par leur activité locomotrice. Comparons les oiseaux d'une part, avec les reptiles et les mammifères de l'autre. On admet que les oiseaux sont organisés d'après un type très-voisin de celui des reptiles, mais supérieur; et quoique à bien des égards l'organisation

des oiseaux soit inférieure à celle des mammifères, pourtant à d'autres points de vue, par exemple par l'hétérogénéité et l'intégration plus grande du squelette, par le développement plus complexe de l'appareil respiratoire et par une plus haute température du sang, on peut soutenir que les oiseaux l'emportent sur les mammifères. Par suite, si la croissance ne dépendait que de l'organisation, nous devrions conclure que le champ de la croissance chez les oiseaux ne serait pas beaucoup plus resserré que chez les mammifères, et que le type oiseau devrait comporter une croissance plus grande que le type reptile. De plus, nous ne voyons pas quels désavantages manifestes gèneraient l'oiseau dans sa poursuite de la nourriture, dont les reptiles et les mammifères seraient exempts. Au contraire, les oiseaux sont capables d'atteindre, une nourriture placée hors de la portée des reptiles et des mammifères; ils le sont aussi de saisir une proie dont les mouvements sont trop rapides pour que des reptiles ou des mammifères puissent l'atteindre. Néanmoins la limite de la croissance des oiseaux reste bien en arrière de celle qu'atteint celle des reptiles et des mammifères. Avec quelle autre différence entre ces classes celle-ci est-elle en rapport? Ne pouvons-nous pas supposer que ce soit avec celle qui subsiste entre la quantité de leurs efforts locomoteurs? Tandis que es mammifères (à l'exception des chauves-souris, qui sont petites) se trouvent pendant tous leurs mouvements supportés par des surfaces ou des liquides denses, et tandis que les reptiles (excepté les antiques ptérodactyles, qui n'étaient pas très-grands) n'ont pareillement qu'une sphère de mouvement restreinte, la majorité des oiseaux se meut plus ou moins habituellement dans un milieu rare, où ils ne peuvent se soutenir sans des efforts relativement grands. Ce qui vient à l'appui de la conclusion qu'il existe un rapport inverse

entre la croissance et la dépense de force, c'est le fait important que les membres de la classe des oiseaux, tels que le dinornis et l'épiornis, qui rivalisaient de volume avec les plus grands mammifères et les plus grands reptiles, étaient incapables de voler, hors d'état de dépenser cet excès de force en locomotion. Une autre preuve qu'il existe un antagonisme entre l'accroissement du volume et la quantité de mouvement produite par un organisme, provient d'un fait d'expérience générale, à savoir que les hommes et les animaux domestiques surmenés pendant l'époque de leur croissance ne peuvent pas atteindre leurs dimensions ordinaires.

Il faut poser un autre principe général relatif aux degrés de développement. C'est une règle dont les exceptions n'ont pas grande importance, que les grands organismes commencent leur existence séparée à l'état de masses de matière organique plus ou moins considérables en volume, et communément avec des organisations plus ou moins avancées, et que dans chaque sous-règne organique, il subsiste une relation générale, bien qu'irrégulière, entre le volume initial et le volume final. Les végétaux présentent cette relation bien plus clairement et plus constamment que les animaux. Cependant, quoique chez les plantes qui commencent la vie à l'état de spores impalpables, il en est qui, sous des conditions spéciales, acquièrent par la croissance des volumes considérables, leur immense majorité demeure faible. Réciproquement, les grands endogènes et exogènes, au moment où ils se détachent du végétal qui les a portés, ont déjà tout formés les organes des jeunes plantes, et à côté de ces organes de grands approvisionnements d'une substance très-nutritive. C'est-à-dire que lorsque la jeune plante ne consiste qu'en un centre de développement, la croissance finale est communément insignifiante; mais lorsque le développement doit de-

venir grand, il existe, comme point de départ, un embryon bien développé et un fonds de matière assimilable. Dans toute l'étendue du règne animal, cette relation est assez régulière, sauf dans les classes qui échappent aux nécessités ordinaires de la vie animale, les germes ou œufs de petite dimension ne donnent pas naissance à des êtres volumineux. Lorsque l'animal atteint un volume considérable, c'est que jeune il procède d'un œuf d'un volume considérable, ou qu'il est né avec un volume considérable, tout organisé, et en partie prêt à agir. Dans la classe des poissons, par exemple, il subsiste une certaine proportion moyenne entre le volume des œufs et le volume des individus adultes; parmi les poissons supérieurs, comme les requins, les œufs sont relativement peu nombreux et relativement gros. Les œufs des reptiles sont moins nombreux et plus grands par la masse que ceux des poissons; et dans cette classe on retrouve aussi une proportion générale entre le volume de l'œuf et celui du reptile adulte. Considérés dans toute la classe, les oiseaux nous présentent une limitation encore plus grande du nombre des œufs et un nouvel accroissement de leur volume respectif, depuis les œufs si ténus des oiseaux-mouches, jusqu'aux œufs immenses des épiornis qui ont plus de cinq litres de capacité, nous voyons qu'en termes généraux, plus grands sont les œufs, plus grands sont les oiseaux. Finalement, chez les mammifères (à l'exception des marsupiaux) les jeunes naissent non-seulement avec des volumes relativement grands, mais avec des organisations avancées; et dans toute la subdivision des vertébrés comme dans toutes les autres, il y a une relation manifeste entre le volume au moment de la naissance et le volume à l'époque de la pleine croissance. Enfin, notons aussi un fait qui a une signification analogue, à savoir que les jeunes de ces animaux

supérieurs, outre qu'ils commencent la vie avec un corps d'un volume considérable presque complétement organisé, se trouvent pourvus d'aliments pendant des laps de temps de plus ou moins de durée, chez les oiseaux par la pâture, chez les mammifères d'abord par la lactation et plus tard par la pâture. C'est-à-dire qu'à la masse et à l'organisation qui lui est transmise, l'oiseau ou le mammifère ajoute un volume encore plus grand à très-peu de frais pour lui.

Si nous voulions traiter la question d'une façon complète, il serait nécessaire d'accorder un paragraphe à chacune des nombreuses circonstances qui sont susceptibles de favoriser ou de limiter la croissance. Par exemple, l'entozoaire est limité par le volume de l'animal ou même de l'organe au sein duquel il vit; un parasite, bien que trouvant une nourriture abondante sans effort appréciable, est réduit à ce petit volume qui lui permet de n'être point immédiatement découvert par l'animal qu'il désole; chez la belette, par exemple, la petitesse est une condition de succès dans la poursuite de l'animal qui lui sert de proie; d'autres fois, l'avantage de ressembler à d'autres animaux, et de tromper par là ses ennemis ou sa proie, devient une cause qui limite le volume. Mais pour le moment je ne veux autre chose qu'exposer les relations les plus générales entre la croissance et d'autres phénomènes organiques, relations auxquelles l'induction nous conduit. Cela fait, recherchons si ces relations générales peuvent être établies déductivement.

§ 44. On peut prouver *à priori* qu'il existe un lien de dépendance qui rattache la croissance à l'organisation. Quand nous considérons les phénomènes de la vie, soit en eux-mêmes, soit dans leurs relations avec les phénomènes ambiants, nous croyons que toutes choses égales d'ailleurs plus

les agrégats sont grands, plus est grande la complexité nécessaire de structure.

Dans les plantes mêmes du type le plus élevé, il existe une dépendance mutuelle des parties relativement faibles : un bouton de fleur dont les parties sont encore ramassées s'épanouira dans quelques jours, et fleurira, si la tige est plongée dans l'eau. Un drageon détaché de l'arbre où il a pris naissance et planté en terre, poussera. Les parties possèdent une activité vitale qui ne diffère pas de celle des autres, il est donc possible que le végétal atteigne un grand volume sans posséder la structure compliquée nécessaire pour combiner les actions de parties. Même ici, pourtant, nous voyons que, pour atteindre un grand volume, il faut un degré d'organisation susceptible de coordonner les fonctions des racines et des branches. Nous voyons que le volume atteint par les arbres ne saurait l'être qu'à la condition d'un système vasculaire efficace qui permette aux organes distants d'utiliser les produits les uns des autres. Nous voyons encore que la coexistence d'une grande croissance avec une organisation inférieure, comme on la trouve dans quelques algues de mer, se rencontre lorsque les conditions d'existence ne rendent pas nécessaire une dépendance mutuelle considérable des parties, lorsque la plante ayant à peu près le poids spécifique de son milieu, n'a pas besoin d'une tige bien développée, et lorsque tous les matériaux de la croissance étant tirés de l'eau par chaque portion du thallus, il n'est besoin d'aucun appareil pour les transporter d'une partie à l'autre. Chez les animaux qui, à peu d'exceptions près, sont, par les conditions de leur existence, obligés de prendre leur nourriture par une partie spécialisée de leur corps, il est clair qu'il doit y avoir un moyen pour que les autres parties du corps reçoivent l'aliment qui doit les entretenir. Il est évident que

pour que leur nutrition s'entretienne également bien partout il faut que les parties d'une grande masse possèdent un appareil propulseur et conducteur plus compliqué; et que dans la proportion où ces parties subissent une plus grande usure, il est nécessaire qu'il existe un système vasculaire encore plus développé. Il n'est pas possible que les parties d'une masse soient en état de se mouvoir, ni que leurs mouvements soient coordonnés de manière à produire les actions de locomotion ou d'autres, sans de certains arrangements de structure; et, toutes choses égales, une quantité donnée de cette activité nécessite des arrangements de structure plus compliqués dans une grande masse que dans une petite. Il faut au moins qu'il y ait un appareil de coordination qui présente de plus grands contrastes dans ses parties centrale et périphérique.

La dépendance restreinte qui rattache la croissance à l'organisation, se retrouve encore quand on étudie la croissance dans ses rapports avec l'accommodation des relations internes aux externes qui constitue la vie. On ne la voit pas bien dans les plantes, parce que l'accommodation des relations internes aux externes n'est pas grande. Pourtant, elle se révèle dans le fait que la condition qui seule permet à un végétal d'acquérir un grand volume, est qu'il est obligé, par le développement d'un tronc massif, de présenter des relations internes de forces capables de contre-balancer les relations externes de forces qui tendent continuellement, et aussi accidentellement, à le détruire; et l'organisation d'un cœur de fibres ligneuses régulièrement arrangées est un progrès dans l'organisation. Dans tout le règne animal, on aperçoit cette relation. Acquérir des matériaux pour la croissance, échapper aux lésions, qui interrompent la croissance, éviter les ennemis qui y mettent fin subitement, tout cela suppose

dans l'organisme l'existence des moyens d'approprier les mouvements pour faire échec aux nombreuses coexistences et séquences de l'extérieur, et suppose en outre les divers arrangements de structure que rendent possibles ces actions diversement adaptées. On ne saurait contester que, toutes choses demeurant constantes d'ailleurs, un animal plus complexe, capable d'accommoder sa conduite à un plus grand nombre d'éventualités dans le milieu, sera d'autant plus capable de se procurer sûrement sa nourriture, et d'échapper aux causes de destruction, et par là d'accroître son volume. Évidemment, sans aucune restriction, nous pouvons dire qu'un gros animal vivant dans les conditions complexes d'existence qui se rencontrent partout, n'est pas possible sans une organisation comparativement élevée.

Ainsi donc, bien que cette relation soit contrecarrée et masquée par d'autres, il ne se peut faire qu'elle n'existe. Déductivement nous voyons qu'elle doit être modifiée, de même qu'inductivement nous voyons qu'elle est modifiée par les circonstances au milieu desquelles nous voyons que chaque organisme est placé; mais qu'elle est toujours un facteur qui concourt à déterminer le résultat.

§ 45. La croissance dépend, *cœteris paribus*, de la quantité de matière assimilable disponible. C'est une proposition que l'expérience spéciale ne cesse de vérifier, et qui tire son évidence de l'expérience générale à tel point qu'il ne serait guère nécessaire de la formuler, s'il ne fallait pas indiquer les restrictions qu'il convient d'y apporter.

Les matériaux dont chaque organisme a besoin pour se construire, n'appartiennent pas à une seule espèce mais à plusieurs. Tous les organismes ont besoin d'eau comme véhicule qui transporte les substances à travers les tissus, au

moins autant que de solides, et quelque abondants que soient les matériaux solides, il n'y aurait pas de croissance en l'absence de l'eau. Dans les solides, il doit y avoir une certaine proportion qui n'excède pas certaines limites. Une plante autour de laquelle l'acide carbonique, l'eau et l'ammoniaque existent en quantité suffisante, peut se trouver arrêtée faute de silice. L'absence totale de chaux dans la nourriture d'un mammifère peut arrêter le développement de son squelette, empêcher l'animal de croître ou même le détruire, quelle que soit la quantité d'autres colloïdes et cristalloïdes qu'il ait à sa disposition.

Il faut encore apporter une restriction au principe que, toutes choses égales, la croissance varie suivant la quantité de nourriture, en signalant une condition nécessaire, à savoir que la quantité de nourriture ne doit pas dépasser l'aptitude à l'assimiler. Dans le règne végétal la surface d'assimilation étant externe, et se trouvant susceptible de s'étendre par la formation de nouvelles racines, de nouveaux bourgeons et de nouvelles feuilles, l'effet de la restriction ne saute pas aux yeux; mais en fournissant artificiellement aux plantes les matériaux qu'elles n'ont d'ordinaire qu'avec la plus grande difficulté, nous pouvons faciliter beaucoup leur croissance, et produire ainsi des différences frappantes de volume dans la même espèce. Même alors, cependant, l'effet se trouve restreint dans les limites de l'aptitude à assimiler, puisqu'en l'absence de la lumière solaire et de la chaleur par le secours de laquelle se fait la plus grande partie de l'assimilation, les autres matériaux sont inutiles. Dans le règne animal, cette restriction est rigoureuse. La surface absorbante est, dans la grande majorité des cas, interne; elle n'a qu'une étendue comparativement faible, qui ne saurait s'agrandir sans un remaniement du corps entier; elle est en relation avec un

système vasculaire qu'il faudrait aussi reconstruire pour qu'une plus grande somme de nourriture pût devenir utile; il est donc évident qu'au delà d'un certain point, bientôt atteint, l'accroissement de la nourriture ne cause pas l'accroissement de la croissance. Au contraire, si la quantité d'aliments ingérée dépasse de beaucoup le pouvoir absorbant de l'animal, l'excès devenant un obstacle à l'action régulière de l'organisme peut retarder la croissance plutôt que l'accélérer.

Si d'un côté il est certain, *à priori*, qu'il ne saurait y avoir de croissance en l'absence de substances du genre de celles dont l'organisme se compose; et s'il est également certain que la proportion de la croissance doit en premier lieu suivre la quantité de ces substances; d'un autre côté, il n'est pas moins certain qu'une quantité extraordinaire de ces substances ne produira pas une croissance extraordinaire au delà d'un point qui sera bientôt atteint. L'induction nous fait connaître trois principes dont la déduction nous fait voir la nécessité, à savoir que la valeur de la nourriture pour la croissance dépend non de la quantité des divers matériaux organisables qu'elle contient, mais de la quantité des matériaux dont l'organisme a le plus besoin; qu'étant donnée une proportion convenable de matériaux, la structure préexistante de l'organisme limite leur pouvoir utile; et que plus la structure est élevée et plus tôt la limite se trouve atteinte.

§ 46. Mais pourquoi faut-il que la croissance de tout organisme se trouve à la fin arrêtée? Quoique la quantité de croissance puisse, dans chaque cas, être nécessairement restreinte dans des limites de variation étroites, quoique l'accroissement possible en un temps donné ne puisse excéder une certaine quantité; pourquoi faut-il que l'accroisse-

ment décroisse, et finalement devienne insensible? Pourquoi tous les organismes, pourvus d'abondants matériaux, ne doivent-ils pas continuer à grandir tout le temps qu'ils vivent? Pour trouver une réponse à cette question, nous devons commencer par revenir à la nature et aux fonctions de la substance organique.

Dans les trois premiers chapitres de la première partie, nous avons vu que les plantes et les animaux se composent principalement de substances en état d'équilibre instable, substances qui ont été portées à cet état d'équilibre instable, par la dépense de la force que nous appelons rayonnement solaire, et qui l'abandonnent sous d'autres formes en tombant dans un état d'équilibre stable. Laissons l'eau qui sert de véhicule à ces matériaux et de milieu pour leur changement; excluons les matières minérales qui jouent soit des rôles passifs, soit le rôle d'auxiliaire, et nous trouvons que les organismes sont construits de composés qui sont des magasins de force. Ces colloïdes et ces cristalloïdes complexes qui, par leur union, forment des corps organisés, sont les mêmes colloïdes qui abandonnent, en se décomposant, les forces dépensées par les corps organisés. C'est pour cela que les substances azotées et carbonées étant à la fois des matériaux pour la croissance organique et des sources de force organique, toute la quantité de ces matériaux qui sert à engendrer de la force est soustraite à l'actif de la croissance, et toute la quantité économisée par la diminution de la production de force, sert à la croissance. Nous savons la quantité limitée de matière nutritive que la structure préexistante d'un organisme lui permet d'absorber, et c'est un corollaire nécessaire de la persistance de la force que la matière accumulée sous forme de croissance, ne peut excéder ce surplus qui reste indécomposé après la production des quan-

tités nécessaires de mouvement sensible et insensible. Ce principe, qui serait rigoureusement vrai dans toutes les conditions, si l'on usait exactement les mêmes substances dans les mêmes proportions, pour la production de force et pour la formation des tissus, doit, cependant, subir une restriction, à savoir que certaines substances dynamogènes ne sont pas des éléments de tissus; de la sorte, il peut y avoir une production de force qui ne se fait pas aux dépens de la croissance potentielle. Les organismes (ou au moins les organismes animaux, dont nous nous occupons surtout ici) ont une certaine faculté d'absorption élective, qui chez un individu partiellement, et dans une race plus complétement, accommode les proportions des substances absorbées aux besoins de l'organisme. Si, donc, une certaine dépense habituelle de force conduisait à une certaine absorption habituelle de matières dynamogènes qui ne servent pas à la croissance; et si, lorsqu'il y a moins de nécessité à absorber de ces matières, l'aptitude à absorber des matières utiles à la croissance augmentait dans une étendue équivalente; il s'ensuivrait que l'antagonisme dont on a parlé devrait, à la longue, se trouver vrai sans cette restriction. Par suite la croissance est en substance équivalente à la nourriture absorbée, diminuée de la nourriture consumée sous forme d'action.

Mais ce n'est pas une réponse à la question de savoir pourquoi la croissance individuelle a une limite. L'antagonisme dont nous avons parlé ne rend pas clairement compte du fait que chez tout animal domestique les accroissements de la croissance se présentent continuellement en proportion décroissante par rapport à la masse, et finalement s'arrêtent. Néanmoins on peut démontrer que l'excès de la nourriture absorbée sur la nourriture dépensée doit, toutes choses

égales, diminuer à mesure que le volume de l'animal devient plus grand. Dans les corps d'une construction analogue, les masses varient comme les cubes des dimensions, tandis que les forces varient comme les carrés des dimensions. Là est la solution du problème. Supposez un animal qui l'an passé avait un pied de haut, et qui en a deux aujourd'hui, tandis que ses proportions et sa structure n'ont pas changé ; quelles sont les conséquences nécessaires des changements qui y ont eu lieu? Il est huit fois plus lourd, c'est-à-dire il a à opposer à l'effort de la gravitation sur son organisme une résistance huit fois plus grande ; et pour produire, aussi bien que pour arrêter chacun de ses mouvements, il a à surmonter huit fois l'inertie. Pendant ce temps, les muscles et les os ont augmenté leurs pouvoirs respectifs de contraction et de résistance en raison des aires de leurs sections transverses ; donc ils sont chacun seulement quatre fois plus forts qu'auparavant. Ainsi, tandis que l'animal a doublé en hauteur, et que son aptitude à surmonter des forces a quadruplé, les forces qu'il a à vaincre sont devenues huit fois plus grandes. Par conséquent, pour élever son corps à une hauteur donnée, il faut que ses muscles se contractent avec une intensité double et au prix d'une dépense double de matière. Cette nécessité se montrera encore plus clairement si nous laissons l'appareil locomoteur, et si nous considérons seulement les forces nécessaires pour le mouvement et les moyens de les produire. En effet, puisque dans des corps semblables les aires varient comme les carrés des dimensions, et les masses comme les cubes, il s'ensuit que la surface absorbante est devenue quatre fois plus grande, tandis que le poids que la matière absorbée doit mouvoir est devenu huit fois plus grand. Si donc, il y a un an, la surface absorbante pouvait prendre deux fois autant de nourriture qu'il en

fallait pour la dépense, laissant ainsi une moitié de son actif pour la croissance, elle n'est plus capable aujourd'hui que de compenser la dépense et ne peut plus pourvoir aux besoins de la croissance. Quelque grand que soit l'excès de l'assimilation sur la dépense durant les premiers temps de la vie d'un organisme actif, nous voyons que par la raison qu'une série de nombres croissant comme les cubes, l'emporte sur une série de nombres croissant comme les carrés, alors même que la première part d'un nombre inférieur, il est nécessaire, si l'organisme vit assez longtemps, qu'il se rencontre un point où l'excès de l'assimilation se trouve réduit à rien, où la dépense balance la nutrition, c'est-à-dire un état d'équilibre mobile. Cette relation, bien que la principale, n'est pourtant pas la seule relation variable entre les degrés de croissance et les sommes de force dépensée. Il y en a encore deux, dont l'une concourt avec la précédente et l'autre en est l'antagoniste. Voyons d'abord à quel prix la nourriture est distribuée dans tout le corps, et les matières usées sont rejetées au dehors. Chaque accroissement de la croissance s'ajoutant à la périphérie de l'organisme, la force dépensée dans le transport de la matière doit croître en progression rapide, plus rapide même que celle de la masse. Mais comme la dépense dynamique de distribution est faible en comparaison de la valeur dynamique des matériaux qu'elle distribue, cet élément du calcul est sans importance. Maintenant considérons, en second lieu, le changement de proportion entre la production et la perte de chaleur. Dans de pareils organismes, les quantités de chaleur engendrées par de pareilles actions accomplies dans toute leur substance, doivent croître comme les masses ou comme les cubes des dimensions. En attendant, les surfaces par où le rayonnement amène une perte de chaleur ne croissent que comme

les carrés de leurs dimensions. Sans doute ce n'est pas une raison pour que la perte de chaleur, ne croisse que comme les carrés des dimensions, mais elle croît certainement dans une proportion moindre que les cubes. Dans la mesure où l'augmentation de la masse a pour effet une plus grande économie de chaleur, elle a pour effet une économie de force. Toutefois cet avantage n'a pas l'importance qu'il paraît posséder à première vue. La chaleur organique est un phénomène concomitant de l'action organique, et elle se produit si abondamment pendant l'action, que ce qui s'en perd à ce moment n'a point d'importance. Il est vrai même que la perte est souvent trop lente pour empêcher que la production ne s'élève à un excès dommageable. C'est seulement au point de vue de la conservation de la chaleur, si nécessaire durant le repos, que les grands organismes ont un avantage sur les petits, en ce que la perte est moindre chez eux. Ces deux relations subsidiaires entre le degré de croissance et la quantité de force dépensée, se trouvant mutuellement en antagonisme, nous pouvons en conclure que leur résultat différentiel ne modifie pas considérablement le résultat de la relation principale que nous avons posée la première.

Tous ceux qui voudront vérifier cette déduction, trouveront qu'elle semble parfois contredire des faits établis par l'induction. De peur que ces faits n'égarent le lecteur, il convient de les expliquer. Dans tout le règne végétal, remarquez qu'il n'y a d'autre limite à la croissance que celle que la mort impose. Passant sur un grand nombre de plantes qui ne s'élèvent jamais beaucoup au-dessus d'un volume relativement faible, parce qu'elles meurent en totalité ou en partie à la fin de chaque année, et s'arrêtant aux arbres qui poussent chaque année de nouveaux rameaux, alors même que leur

tronc est creusé par la décomposition, le lecteur demandera peut-être comment il se peut que la croissance y soit illimitée. Voici la réponse : les végétaux sont seulement des organismes d'accumulation; ils ne sont nullement des organismes de dépense. Comme ils ne subissent pas une usure qui croît avec les cubes des dimensions, tandis que l'assimilation croît avec leurs carrés, il n'y a pas de raison pour que leur croissance se trouve arrêtée par l'équilibre de l'assimilation et de l'usure. De plus, s'il veut chercher chez les animaux une correspondance exacte entre les accroissements décroissants de la croissance constatés par l'observation et ceux que la déduction détermine, il ne la trouvera pas. Il y a des raisons suffisantes pour que la correspondance ne soit pas plus qu'approximative. Outre le fait rapporté plus haut, qu'il existe d'autres relations variables qui compliquent la relation principale, le lecteur doit se rappeler que les corps mis en comparaison ne sont pas vraiment semblables : les proportions du tronc aux membres et du tronc à la tête varient d'une manière considérable. La comparaison est encore plus sérieusement viciée par le rapport inconstant que soutiennent les éléments dont le corps se compose. Dans la chair des mammifères adultes, l'eau entre pour 68 à 71 pour 100; la substance organique pour 24 à 28, et la substance inorganique pour 3 à 5; au lieu qu'à l'état fœtal, l'eau y entre pour 87 et les substances organiques solides pour 11 seulement. Évidemment ce changement d'un état où la matière dynamogène forme un dixième au total, à un état dans lequel elle en forme les deux dixièmes et demi, doit déranger considérablement le parallélisme entre la progression réelle et la théorique. Il se peut encore que le lecteur ait remarqué une autre difficulté. Le crocodile, dit-on, grandit toute la durée de sa vie; et il y a quelque raison de croire

que certains poissons de proie, comme le brochet par exemple, font de même. Toutefois, il faut convenir que le fait que ces animaux d'une organisation comparativement élevée n'ont pas de limite précise de croissance, est dû à ce que, par exception, les conditions qui imposent la limitation ne sont pas remplies. Quel genre de vie mène un crocodile? C'est un animal à sang froid, ou presque à sang froid; c'est-à-dire qu'il dépense très-peu pour entretenir sa chaleur. Il est habituellement inerte : il ne chasse pas sa proie, mais il lui tend des piéges, ne fait des efforts considérables qu'au moment des luttes de courte durée qu'il engage avec sa proie. Tous les autres efforts qu'il a à faire par intervalles pour changer de place sont faibles à cause de la faible différence qui existe entre son poids spécifique et celui de l'eau. Aussi le crocodile dépense-t-il en mouvement musculaire une somme de force insignifiante en comparaison de celle que dépensent les animaux terrestres. En conséquence, chez lui l'assimilation habituelle se trouve diminuée moins qu'à l'ordinaire par la destruction habituelle, et comme l'assimilation et la destruction présentent au commencement une disproportion excessive, il est bien possible que la première ne perde jamais l'avance qui la sépare de la dernière dans tout le cours de la vie. En examinant de plus près l'exemple du crocodile ainsi que celui du brochet, qui est aussi un animal à sang froid, et comme le crocodile se met en embuscade pour saisir sa proie, et qui est encore, comme lui, capable, à mesure qu'il augmente de taille, de se saisir de proies de plus en plus grandes, nous apercevons une autre raison qui explique pourquoi leur croissance n'a pas une limite définie. Les causes mécaniques qui imposent nécessairement une limite à la croissance, n'agissent qu'imparfaitement chez le crocodile comme chez le brochet. En effet, un ani-

mal qui vit dans un milieu dont la densité est à peu près la même que celle de son corps, n'a pas constamment à surmonter la force de la pesanteur, principale résistance qu'ont à vaincre les animaux terrestres : il n'a point à dépenser à cet effet une force musculaire déjà grande au début et qui croît comme les cubes des dimensions. La seule force croissant comme les cubes de ses dimensions qui lui reste à vaincre est l'inertie de ses parties. La continuation exceptionnelle de croissance que l'on observe chez des animaux placés dans ces conditions est donc parfaitement explicable.

§ 47. Évidemment cet antagonisme entre l'accumulation et la dépense doit être une des causes principales du contraste que l'on observe entre les volumes d'animaux très-voisins, et à beaucoup d'égards placés dans des conditions semblables. La vie suivie par chaque espèce animale suppose une certaine quantité moyenne d'effort pour une quantité donnée de nourriture; une partie de l'effort sert à ramasser ou à chasser la proie, une autre à la déchirer et à la mâcher, et une troisième aux opérations subséquentes nécessaires pour séparer les atomes nutritifs. L'effort varie donc selon que la nourriture est abondante ou rare, fixe ou mobile, selon qu'il est facile ou difficile au point de vue mécanique de la traiter quand elle est en possession de l'animal, et selon qu'elle est ou non promptement soluble. En conséquence, comme chez tous les animaux de la même espèce ayant le même genre de vie, il y a une proportion constante entre l'accumulation et la dépense, et par suite une limite assez constante à la croissance; il y a toute raison de s'attendre à ce que les différentes espèces, suivant différents modes de vie, présenteront des rapports différents entre l'accumulation et la dépense, et par conséquent des limites de croissance différentes.

Bien que les faits connus par voie inductive présentent une harmonie générale avec la déduction que nous tirons, il ne nous est pas possible ordinairement de montrer cette harmonie d'une manière spécifique. Le seul contraste qui semble réellement venir à l'appui de notre déduction est celui dont nous avons déjà parlé, qui existe entre les vertébrés volants et les vertébrés qui leur ressemblent le plus, mais qui ne volent pas : les différences dans le degré d'organisation et dans les rapports avec la nourriture n'y sont pas de nature à affecter sérieusement la comparaison. Si l'on admet que les oiseaux dépensent ordinairement plus de force que les mammifères et les reptiles, il en résulte *à priori* que, les autres choses étant à peu près égales, les oiseaux auront une limite de croissance inférieure à celle des mammifères et des reptiles ; et nous savons *à posteriori* qu'il en est ainsi.

§ 48. Il nous reste encore à examiner une des principales causes, sinon la principale, des différences entre les volumes des organismes. Pour y arriver nous n'avons qu'à pousser un peu plus avant l'étude précédente. Nous avons vu que les petits animaux ont un avantage sur les grands, à savoir que chez eux l'assimilation se fait, toutes choses égales, dans une proportion plus grande que la dépense ; nous avons vu aussi qu'en conséquence, à mesure que les petits animaux deviennent plus grands, ils perdent peu à peu l'excès de force assimilatrice qu'ils possédaient, et finissent par ne pouvoir plus assimiler plus qu'il n'est nécessaire pour compenser l'usure des tissus. Comment ces animaux arrivent-ils, quand ils sont petits et jeunes, à posséder un excès de forces assimilatrices ? Tous les animaux possèdent-ils le même excès de force assimilatrice ? S'il n'en est pas ainsi, dans quelle mesure des différences entre les excès déterminent-elles des différences

entre les limites de croissance? En répondant à ces questions, nous trouverons l'explication de bien des contrastes de croissance tranchés qui ne proviennent d'aucune des causes déjà invoquées. Un bœuf, par exemple, dépasse de beaucoup un mouton en masse. Pourtant l'un et l'autre vivent, de génération en génération, dans les mêmes champs, mangent les mêmes herbes et les mêmes racines, prennent possession de leur nourriture avec la même dépense de force, et diffèrent à peine par le degré d'organisation. D'où vient donc la différence frappante de leur volume?

Nous avons remarqué, quand nous avons étudié les phénomènes de croissance par la voie inductive, que les organismes des types plus gros et plus élevés commencent leur existence séparée, en qualité de masses de matière organique passablement grandes. En général, nous voyons que dans chaque sous-règne organique, un être n'arrive à un grand volume que lorsqu'il commence avec un volume déjà considérable; et que le volume final est d'autant plus grand que la vie que doit mener cet être est plus compliquée.

C'est en raisonnant par analogie que nous essayerons d'abord d'interpréter cette induction. Un marchand qui débite des oranges par les rues ne fait dans chaque vente qu'un bénéfice insignifiant; et, à moins d'un bonheur exceptionnel, il ne saurait espérer de réaliser pendant le jour une somme supérieure à celle qui suffit à ses besoins; il repart chaque jour du même point qu'il était parti la veille. Le commerce du petit débitant qui vend le thé par once et le sucre par demi-livre, impose pareillement beaucoup de peine pour de faibles profits. Commençant avec un capital de quelques livres, il est impossible que ce détaillant ait une boutique assez grande ou des marchandises en assez grande quantité ou assez variées, pour faire beaucoup d'affaires; il faut qu'il

se contente de gagner un sou ou deux dans les petites ventes qu'il fait aux pauvres gens; et si, évitant les dettes, il parvient à faire quelques économies, il n'économise jamais grand'chose. Un gros marchand de détail est obligé de mettre beaucoup d'argent à l'installation de son établissement, il est forcé d'en engager encore plus en marchandises, et il faut qu'il ait en outre un capital flottant pour faire face à ses obligations avant la rentrée de ses profits. Mais comme il part avec des moyens suffisants pour cela, il peut faire des ventes nombreuses et relativement grosses, et par là réaliser des profits plus grands et plus nombreux. Pareillement, pour chiffrer leurs bénéfices par mille, il faut que les marchands et les manufacturiers engagent dans leur industrie des sommes chiffrées par centaines de mille. Bref, la proportion d'après laquelle la fortune d'un homme s'accumule, se mesure d'après l'excès du revenu sur la dépense, et cet excès, excepté dans certains cas favorables, est déterminé par le capital avec lequel on commence les affaires. Or, au nom de l'analogie, nous pouvons retrouver dans les transactions d'un organisme les trois mêmes éléments. Il y a la dépense nécessaire pour prendre possession de la nourriture et pour la digérer; il y a la rentrée brute sous forme de nourriture assimilée, ou propre à l'assimilation; et il y a la différence entre cette rentrée brute de nourriture et la nourriture qui a été consommée dans le travail destiné à en prendre possession, différence qui peut être un profit ou une perte. Toutefois, s'il y a un excès, il est évident qu'il suppose que la force dépensée est moindre que la force latente dans la nourriture assimilée. Évidemment, aussi, l'augmentation de la croissance est limitée à la quantité de cet excès du revenu sur la dépense; de sorte qu'une grande croissance suppose en même temps que l'excès de la nutrition sur l'usure des tissus est relativement considérable,

et que l'usure des tissus et la nutrition se font sur une grande échelle. Évidemment, encore, l'aptitude d'un organisme à dépenser largement et à assimiler largement, de façon à produire un grand excès, suppose l'existence d'un grand capital physiologique, sous forme de matière organique avec des arrangements de structure plus ou moins complets.

Dans le règne végétal les faits qui prouvent cette vérité ne sont ni apparents ni réguliers; il y a pour cela une raison évidente, c'est que les plantes sont des êtres qui accumulent et qui dépensent très-peu, et que par conséquent les prémisses de notre raisonnement ne s'y trouvent pas réalisées complétement. La nourriture des plantes, à l'exception des champignons et de certains parasites, est à peu près la même pour toutes, elle les enveloppe comme dans un bain, et peut être absorbée sans effort, en sorte que l'opération vitale se résume presque toute en un profit. Une fois bien enraciné en lieu convenable, un végétal peut, dès le début, ajouter toutes ses rentrées à son capital, et ne tarde pas à étendre ses opérations sur une large échelle, quoiqu'il ne le puisse pas encore au début. Pourtant, lorsque les végétaux dépensent, comme pendant la germination et les premiers temps de la croissance, le degré de croissance s'y trouve déterminé par la valeur du capital vital. C'est parce que l'arbre jeune commence la vie avec un embryon déjà formé et une provision d'aliments suffisante pour durer quelque temps, qu'il est en état d'enfoncer ses racines et de lever sa cime au-dessus des herbes du voisinage. Mais dans tout le règne animal la nécessité de ce rapport saute aux yeux partout. Les petits carnivores qui font leur proie de petits herbivores ne peuvent croître en volume que par des croissances faibles. Leur organisation ne leur permet pas de digérer de plus grands animaux; lors même qu'ils peuvent les tuer, ils ne

peuvent en tirer profit en consommant des quantités de nourriture qui dépassent une limite étroite. Les augmentations de croissance qu'il leur est possible de réaliser au début, étant faibles, et décroissant rapidement, doivent prendre fin avant que ces animaux aient atteint un volume considérable. Évidemment le lionceau, né avec un volume considérable, nourri par allaitement jusqu'à ce qu'il ait grossi encore davantage, pourvu de nourriture par la lionne jusqu'à ce qu'il soit arrivé à la moitié de sa taille, se trouve en état, par la force de l'organisation qu'il acquiert sans frais, de chasser et de tuer des animaux assez gros pour lui donner la grande quantité de nourriture dont il a besoin pour faire face à ses grosses dépenses, et même pour laisser en faveur de la croissance un excès considérable. Ainsi s'explique le contraste que nous avons signalé plus haut entre le bœuf et le mouton. Un veau et un agneau commencent leurs affaires physiologiques sur des échelles très-différentes; leurs premiers accroissements de croissance offrent pareillement des quantités en contraste tranché; et plus tard les deux séries d'accroissements diminuantes aboutissent à des limites pareillement contrastées.

§ 49. Telles sont les diverses conditions qui régissent les phénomènes de croissance. Tendant au même but ou en conflit de mille manières ou à mille degrés divers, elles se limitent plus ou moins diversement entre elles. Aussi sommes-nous obligés de poser chaque généralisation comme vraie en moyenne, ou de faire une réserve en disant — toutes choses égales d'ailleurs.

Avec cette réserve nous pouvons formuler nos conclusions de la manière suivante : Premièrement, la croissance étant une intégration dans l'organisme des substances ambiantes

qui sont de même nature que celles qui composent l'organisme, la croissance de l'organisme dépend de la quantité utile de ces substances qui peut exister : c'est un principe également établi par l'expérience et déduit d'un principe donné dans les formes de la pensée (*Premiers Principes*, § 53). Deuxièmement, la quantité utile de matière assimilable restant la même, et les autres conditions ne différant pas, le degré de croissance varie selon l'excès de la nutrition sur la dépense, généralisation qui se vérifie dans quelques-uns des contrastes les plus frappants offerts par les diverses divisions des organismes, et qui est aussi un corollaire de la persistance de la force. Troisièmement, dans le même organisme l'excès de la nutrition sur la dépense est une quantité variable ; et cette croissance est illimitée ou elle a une limite définie, selon que l'excès décroît ou ne décroît pas progressivement. Cette proposition trouve sa confirmation dans la croissance incessante des organismes qui ne dépensent pas de force ; dans la croissance à diminution lente et sans arrêt complet des organismes qui ne dépensent que peu de force ; enfin dans la croissance à limite définie des organismes qui dépensent beaucoup de force. D'autre part nous croyons qu'elle est une conséquence d'un certain accroissement relatif de dépense qui accompagne nécessairement l'accroissement de volume, et que, par conséquent, elle est un corollaire du principe de la persistance de la force. Quatrièmement, chez les organismes grands dépensiers de force, le volume atteint en définitive se trouve, toutes choses égales d'ailleurs, déterminé par le volume initial. En preuve de cette conclusion nous pouvons produire des faits nombreux aussi bien que la nécessité *à priori* que les totaux des séries décroissantes analogues dépendent de la valeur des termes initiaux. Cinquièmement, partout où la ressemblance des autres circon-

stances permet une comparaison, l'étendue possible de la croissance dépend du degré d'organisation : conclusion qu'on peut confirmer par l'étude des plus grandes d'entre les formes que présentent les diverses divisions et subdivisions des organismes, et qu'on peut inférer *à priori* des conditions d'existence.

CHAPITRE II

DÉVELOPPEMENT (1)

§ 50. Il est certains points de vue du développement que l'on peut étudier indépendamment des structures internes. Les différences fondamentales qui séparent les divers modes d'arrangement des parties, donnant naissance, comme il arrive, aux principales distinctions qui séparent les diverses formes d'organisation, il vaut mieux s'en occuper dès le début. Si tous les organismes sont nés par évolution, on ne doit pas s'attendre à trouver ces divers modes de développement séparés par des lignes de démarcation d'une netteté absolue. Nous pouvons compter que nous les trouverons unis par des transitions. Disons d'abord qu'aucune classification des modes de développement ne peut représenter les faits que d'une manière approximative. Mais ajoutons qu'il en est une qui nous aide à former nos conceptions générales du développement.

(1) Dans le langage ordinaire, on emploie souvent le mot développement comme synonyme de croissance. Il est bon de déclarer que nous nous servons du mot développement dans ce chapitre et dans le reste de l'ouvrage, pour signifier *l'accroissement de structure*, et non *l'accroissement de volume*. On pourrait ajouter que le mot évolution, comprenant la croissance aussi bien que le développement doit être réservé à des cas où ces deux phénomènes sont impliqués.

Le développement est primitivement *central*. Toutes les formes organiques dont l'histoire entière est connue, partent d'un arrangement symétrique de parties autour d'un centre. Dans les organismes du rang le plus inférieur, nul autre mode d'arrangement n'est jamais définitivement établi; et dans les organismes supérieurs le développement central, bien que subordonné à un autre mode de développement, continue à se manifester par des changements dans les détails de la structure. Voyons ces propositions dans le concret. Laissant ces rhizopodes qui sont complétement sans structure, chaque plante, chaque animal, aux premiers temps de sa vie, consiste en un sac sphérique, plein de liquide contenant la matière organique, où se trouve suspendue une cellule à noyau, plus ou moins distincte du reste; et les premiers changements qui se présentent dans le germe constitué de cette sorte, sont des changements qui s'opèrent autour de centres produits par la division du centre primitif. Les organismes les plus simples ne s'écartent pas de ce type de structure, ou ne s'en écartent pas d'une manière sensible. Parmi les plantes, l'uredo et les diverses tribus de protococcus conservent constamment cette distribution centrale; mais parmi les animaux, elle existe constamment chez les êtres comme les grégarines, et d'une manière différente chez les amibes, les actinophrys et leurs alliés. Dans les organismes composés principalement d'unités d'une structure analogue à celle de ces organismes plus simples, il ne cesse jamais de se former des unités nouvelles autour des noyaux; bien que l'arrangement de ces unités en groupes et en ensembles unifiés se fasse d'après une autre méthode.

On peut diviser le développement central en *unicentral* et *multicentral*, suivant que le produit du germe original se développe symétriquement autour d'un centre, ou se déve-

loppe sans subordination à un seul centre, c'est-à-dire subordonné à plusieurs centres. Le développement unicentral n'est pas un fait commun, non pas dans la formation des cellules isolées, mais dans celle des agrégats. Le règne animal ne nous en offre qu'un exemple dans le petit groupe des thalassicoles : masses de gelée inertes et de forme sphérique, présentant à peine trace d'organisation, que l'on rencontre flottantes dans les mers du Sud. Il est faiblement représenté dans le règne végétal par le volvox globator. D'un autre côté, le développement multicentral ou développement autour de centres non-subordonnés, se présente sous diverses formes dans les deux divisions du règne organique. Il se montre sous deux formes distinctes, selon que la non-subordination des centres de développement est partielle ou totale. Il sera très-utile de l'étudier dans les divisions qui en résultent.

La non-subordination totale des centres de développement se montre quand les unités ou cellules, dès qu'elles sont formées dans leur individualité, se séparent et mènent une vie indépendante. C'est ce qui, dans le règne végétal, arrive habituellement chez les protophytes, et dans le règne animal, chez les protozoaires. La non-subordination partielle s'observe dans ces organismes un peu plus avancés, qui se composent d'unités qui, sans avoir une existence séparée, ont une dépendance mutuelle si relâchée que l'agrégat qu'ils forment est irrégulier. Parmi les plantes, les thallogènes sont d'une manière très-générale des exemples de ce mode de développement. Des lichens qui étendent leurs bords plats ou froncés à droite ou à gauche, selon les circonstances, ne présentent aucune coordination évidente de parties. Parmi les algues, les nostocs nous offrent aussi une structure asymétrique. Parmi les champignons, les espèces sessiles ou rampantes

n'offrent aucun lien de dépendance qui subordonne une partie à une autre, si ce n'est celui que suppose leur cohésion. Dans des plantes mieux organisées, comme le marchantia, l'arrangement général ne signale l'existence d'aucun centre directeur. Parmi les animaux, on peut citer nombre de spongiaires comme privés de la coordination que suppose la symétrie : les unités amiboïdes qui les composent, bien qu'elles présentent quelque chose comme une subordination à des centres locaux, n'ont aucune subordination qui les rattache à un centre général. Afin de distinguer le genre de développement où tout le produit d'un germe est réuni par cohésion en une masse, du genre où il ne l'est pas, Huxley a employé les mots *continu* et *discontinu;* et il me semble qu'ils sont fort bien appropriés. Nous dirons donc que le développement multicentral peut se diviser en continu et discontinu.

Du développement central, nous passons à ce genre supérieur de développement auquel le nom d'*axial* semble convenir parfaitement. Une tendance vers ce genre se montre vaguement à peu près partout. La grande majorité même des *protophytes* et des *protozoaires* ont des dimensions longitudinale et transverse différentes; c'est-à-dire une structure axiale obscure sinon distincte. Les unités cellulaires à l'origine, dont les organismes supérieurs sont principalement composés, revêtent ordinairement des formes subordonnées à des lignes plutôt qu'à des points. Dans les organismes supérieurs considérés comme des touts, un arrangement de parties en relation avec un axe se montre distinctement et à peu près universellement. Nous le voyons dans les ordres supérieurs des thallogènes, et dans tous les acrogènes, les endogènes et les exogènes. Sauf quelques exceptions, les célentérés nous le présentent manifestement; on peut le retrouver,

mais moins nettement marqué, dans tous les mollusques; les annélides et les vertébrés le montrent invariablement dans toute sa netteté.

Ce genre de développement, comme le premier, a deux formes. Le produit-germe entier peut s'arranger autour d'un axe unique, ou autour de plusieurs axes; la structure peut être *uniaxiale* ou *multiaxiale*. Chaque division du règne organique présente des exemples de ces deux ordres. Dans les champignons qui présentent le développement axial, nous observons communément le développement autour d'un axe unique. Des algues, comme le varech, nous présentent cet arrangement. Parmi les plantes supérieures, bien des endogènes et de petits exogènes sont uniaxials. Parmi les animaux, tous ceux qui ont un développement avancé sont sans exception de cette catégorie. On ne connaît pas de vertébré chez qui la totalité du produit-germe ne soit subordonnée à un axe unique. Chez les annélides les plus complétement organisés, on retrouve à peu près universellement cette disposition; il en est de même dans les ordres supérieurs des mollusques. Le développement multiaxial se présente dans la plupart des plantes avec lesquelles nous sommes familiers, chaque branche d'arbuste ou d'arbre étant un axe indépendant. Mais si, dans le règne végétal, le développement multiaxial prédomine dans les types supérieurs, dans le règne animal il prédomine dans les inférieurs. Il est extrêmement général si non universel chez les célentérés; il est caractéristique des molluscoïdes; parmi les mollusques, les ascidiens composés nous le montrent; et on le voit, bien que sous une autre forme, dans les annélides inférieurs.

Le développement axial, comme le développement central, peut être continu ou discontinu; les parties qui ont des axes

différents peuvent rester unies, ou se séparer. Le développement continu, multiaxial, est celui que les plantes présentent ordinairement; et on n'a pas besoin d'en citer d'autre exemple que ceux que tout le monde peut trouver dans un jardin. Comme cas de ce genre de développement chez les animaux, on peut nommer tous les hydrozoaires et les actinozoaires composés, et des mollusques comme les botryllidés. Nous trouvons un exemple familier du développement multiaxial continu chez les plantes, dans le fraisier commun. Cette plante envoie dans le voisinage des jets longs et grêles, portant à leur extrémité des bourgeons qui prennent réellement racine et deviennent de nouveaux individus, qui peu à peu perdent leurs attaches avec l'axe primitif. D'autres plantes produisent certains bourgeons spécialisés, appelés bulbilles, qui, en se séparant et tombant à terre, poussent et forment des plantes indépendantes. Parmi les animaux, le polype d'eau douce présente évidemment ce mode de développement : les jeunes polypes qui poussent comme des bourgeons à sa surface, arrangent chacun leurs parties autour d'axes distincts, et finalement se détachent, pour vivre d'une existence séparée, et produire ensuite d'autres polypes de la même manière. Chez certains annelés inférieurs, cette multiplication des axes par séparation d'avec un axe primitif, s'opère d'une façon différente : le cordon formé par les segments se divise spontanément; et après que chaque division a grandi, elle devient le siége d'une nouvelle division. Dans les aphides, nous voyons une modification encore plus complète de cette opération.

Nous pouvons former un tableau des divers modes que nous venons d'esquisser, et nous voyons que :

Le développement est
- central
  - unicentral ou multicentral
    - continu ou discontinu.
- ou
- axial
  - uniaxial ou multiaxial
    - continu ou discontinu.

Le lecteur qui connaît bien les faits élèvera peut-être des objections à cet arrangement; il citera sans doute des formes qui ne paraissent pas rentrer dans ces divisions. Il nommera des végétaux qui sont pendant un certain temps multicentraux et qui plus tard se développent sur le type axial. Parmi les animaux inférieurs, il en trouvera où les modes continu et discontinu se développent à la fois. Mais, ainsi que je l'ai fait pressentir, un arrangement qui ne présenterait aucune de ces anomalies est nécessairement impossible, si les divers ordres d'organisation se sont formés par évolution. Il ne faut voir dans celui que nous venons d'esquisser qu'un tableau grossier des faits qui nous aide à les concevoir dans leur totalité; ainsi considéré, il nous sera utile quand nous traiterons de l'individualité et de la reproduction.

§ 51. De ces considérations extérieures et très-générales du développement organique, descendons à des considérations internes et plus spéciales. Quand nous avons étudié l'évolution considérée comme une opération universelle, nous avons présenté un tableau grossier des changements de structure dans les organismes. (*Premiers Principes*, § 107-115, 119, 130-137.) Mais ici il convient de donner de ces changements une description plus complète.

Le bourgeon d'une plante commune quelconque consiste en une petite éminence hémisphérique ou subconique. Comme il s'accroît plus rapidement au sommet, il se développe réellement sur un des côtés de sa base une petite émi-

nence qui d'une manière générale présente la même forme. C'est le rudiment de la feuille, qui va gagner plus ou moins autour de la base de l'hémisphère central ou axe principal. En même temps que l'hémisphère central s'allonge davantage, cette proéminence latérale, s'accroissant aussi, donne naissance à des proéminences subordonnées ou lobes. Ce sont les rudiments des stipules quand les feuilles sont stipulées. En attendant, de l'autre côté de l'axe principal, et un peu plus haut, une autre proéminence latérale se forme, et marque l'origine d'une seconde feuille. Pendant que la première feuille produit une autre paire de lobes, et que la seconde produit sa première paire, l'hémisphère central allongeant encore sa pointe, montre le rudiment d'une troisième feuille. De même partout. Pendant que le germe de chaque feuille consécutive prend ainsi naissance, les germes des feuilles précédentes, dans l'ordre de leur priorité, changent leur forme rugueuse et noueuse en des expansions aplaties, qui ne tardent pas à prendre ces contours nets que nous y voyons lorsqu'elles sont épanouies. C'est ainsi que d'une figure extrêmement indéfinie, d'une masse arrondie, qui émet de temps à autre sur ses côtés de petites masses, lesquelles prenant peu à peu une forme symétriquement lobée, acquièrent une figure spécifique et complexe, nous passons pas à pas à cette chose comparativement complexe qu'on appelle un rameau à feuilles. A l'intérieur un bourgeon subit des changements analogues. La couche de substance qui forme la surface de l'hémisphère et dans laquelle ces métamorphoses commencent, consiste en une masse transparente, irrégulièrement agrégée, de cellules et de centres de croissance, qui ne sont point organisés en tissu. Il en est ainsi surtout à la pointe, où l'activité vitale est la plus grande. Ici la masse cellulaire primitive se continue sans aucune ligne de démarca-

tion avec les tissus qui se développent à ses dépens. Tandis que par une multiplication de cellules incessantes cette couche s'accroît, et que par l'accroissement plus rapide qui se fait à la pointe, elle porte en avant ses parties latérales, ces parties commencent à présenter des différenciations. « Graduellement, dit Schleiden, on voit se former au milieu de ce chaos des masses isolées de cellules avec un contour distinct et défini, et elles cessent de participer à l'opération de croissance qui s'accomplit. D'abord c'est l'épiderme qui se sépare, puis les faisceaux vasculaires, puis le parenchyme. » Il en est de même des bourgeons latéraux quand les feuilles naissent. Dans la masse de cellules d'abord non organisées qui constituent la feuille rudimentaire, il se forme des faisceaux vasculaires formés qui finissent par devenir les veines de la feuille; et peu à peu apparaissent aussi, bien que d'une manière qui n'a pas été spécifiée, le parenchyme et l'épithélium. Nous ne manquerons pas de trouver une série analogue de changements, quand nous ferons l'histoire des cellules individuelles. Tandis que les tissus qu'elles composent se séparent, les cellules deviennent graduellement plus dissemblables. Les unes prennent une forme aplatie, d'autres la forme polyédrique, d'autres la forme cylindrique, d'autres celle d'un fuseau. A l'intérieur de celles-ci se développent des fibres en spirale, et dans celles-là des réseaux de fibres. Ici, c'est un certain nombre de cellules qui s'unissent pour former un tube; là d'autres cellules deviennent solides par le dépôt qui se fait à leur intérieur de bois ou d'autres matières. C'est par de tels changements, trop nombreux et trop compliqués pour être ici spécifiés en détail, que les cellules originellement uniformes continuent à diverger et à diverger encore, jusqu'à ce qu'enfin elles aient produit des formes qui paraissent avoir très-peu de points communs.

Le bras d'un homme fait sa première apparition d'une façon aussi simple qu'un rameau dans un végétal. Selon Bischoff, il pousse sous forme de bourgeon sur les côtés de l'embryon, comme une petite éminence en forme de langue, où l'on ne reconnaît aucune différence de parties, et qui pourrait servir au rudiment de quelque autre des divers organes qui naissent aussi de bourgeons. Continuant à s'allonger, il s'élargit un peu à l'extrémité; il prend alors la forme d'un pédicule supportant un renflement aplati à bords arrondis. Ce renflement représente la main future, et le pédicule le bras futur. Peu à peu, aux bords de ce renflement aplati, se montrent quatre fentes qui séparent les bourgeons des doigts futurs; et la main, dans son ensemble, devient de plus en plus distincte du bras. Jusqu'ici le pédicule est resté une pièce continue; mais à présent il commence à montrer un pli à son centre, qui indique la division en bras et avant-bras. Les distinctions grossièrement indiquées de cette façon, croissent graduellement : les doigts s'allongent et deviennent articulés; et les proportions de chaque partie, à l'origine très-différentes de ce qu'elles seront dans le membre complet, s'en rapprochent peu à peu. Durant cette période gemmiforme, le bras rudimentaire n'est autre chose qu'une masse homogène de cellules simples, sans aucun arrangement. Par les divers changements que ces cellules subissent graduellement, elles se transforment en os, muscles, vaisseaux sanguins et nerfs. La mollesse et la délicatesse extrême de ce tissu cellulaire primitif ne permet que difficilement de suivre les périodes initiales de ces différenciations. A cause de la couleur de leur contenu, les vaisseaux sanguins sont les premières parties qui deviennent visibles. Plus tard les parties cartilagineuses, qui sont la base des os futurs, se trouvent marquées par

l'agrégation de leurs cellules élémentaires, et la production entre ces cellules d'une substance hyaline qui les unit en une masse translucide. Quand ils commencent à être visibles, les muscles sont gélatineux, pâles, jaunâtres, transparents, et rien ne les distingue de leurs tendons. Les divers autres tissus dont le bras se compose, commençant avec des différences très-faiblement marquées, se montrent journellement plus définis dans leur contour et leur aspect. De même les unités qui composent ces tissus prennent chacune un caractère de plus en plus spécifique. Les fibres de muscle, qui au commencement ne deviennent visibles au milieu de leur gangue gélatineuse que par l'immersion dans l'alcool, deviennent plus nombreuses et plus distinctes, et peu à peu, elles présentent des stries transversales. Les cellules osseuses prennent par degrés leur curieuse structure de canaux ramifiés. De même pour les unités de la peau et le reste, chacun dans sa voie respective.

Nous voyons donc qu'il existe dans chacun des sous-règnes organiques un changement d'une homogénéité incohérente, indéfinie, en une hétérogénéité cohérente, définie, sous quatre formes. Les unités ou cellules, originellement semblables, deviennent dissemblables de différentes façons, et de manières plus nombreuses et plus marquées à mesure que le développement marche. Les divers tissus que ces diverses classes de cellules forment par agrégation deviennent peu à peu distincts les uns des autres, et peu à peu prennent ces structures complexes qui résultent des différenciations entre leurs unités composantes. Dans le rameau, comme dans le membre, la forme externe, originellement très-simple et ressemblant beaucoup aux innombrables formes simples organiques et inorganiques, acquiert graduellement une complexité et une dissemblance toujours

plus grandes à l'égard des autres formes. Pendant ce temps, les autres parties de l'organisme auquel le rameau ou le membre appartiennent, ayant pris chacune des structures divergentes qui les différencient entre elles et aussi de tel ou tel membre, il s'est formé dans l'organisme, considéré comme un tout, une hétérogénéité plus grande.

§ 52. La loi que nous rencontrons ensuite est une des plus remarquables inductions de l'embryogénie. Baer a trouvé qu'aux premières périodes de leur existence, tous les organismes se ressemblent par le plus grand nombre de leurs caractères; qu'un peu plus tard, leur structure ressemble à celle que l'on trouve à une époque correspondante dans une multitude d'organismes moins étendue; qu'à chaque époque subséquente, l'organisme acquiert des traits qui distinguent l'embryon en voie de développement des groupes d'embryons auxquels il ressemblait auparavant, par une gradation qui restreint peu à peu le nombre des groupes d'embryons auxquels il ressemble, de manière à ne laisser dans la classe des formes qui lui sont similaires que l'espèce dont il est membre. Le lecteur aura peut-être de la peine à se faire une idée parfaite de cette proposition abstraite. Il convient de la formuler d'une manière concrète. Le germe d'où un homme sort par voie de développement ne diffère pas visiblement du germe d'où chaque animal et chaque plante sont sortis. Le premier changement de structure qui nous frappe parmi ceux que subit le germe humain n'est caractéristique que du germe des animaux, et le différencie de celui des plantes. La distinction qui s'établit ensuite, se retrouve dans tous les vertébrés; mais on ne la rencontre pas chez les annélides, les mollusques, ni les célentérés. Au lieu de continuer à ressembler comme jusqu'ici aux rudiments des tous les pois-

sons, reptiles, oiseaux et mammifères, le rudiment de l'homme prend une structure que l'on n'observe que dans les rudiments de mammifères. Plus tard, l'embryon subit des changements qui l'excluent du groupe de ces mammifères sans placenta, et montrent qu'il appartient à celui des mammifères à placenta. Plus tard encore il devient différent des embryons de ces mammifères à placenta que l'on appelle ongulés, et ressemble désormais à l'embryon de ceux que l'on appelle onguiculés. Petit à petit, il cesse de ressembler à d'autres fœtus qu'à ceux des quadrumanes; et enfin il ne ressemble plus qu'à ceux des quadrumanes supérieurs. A la fin, au moment de la naissance, l'enfant, à quelque race humaine qu'il appartienne, est, au point de vue de la structure, très-ressemblant aux enfants des autres races humaines; et ce n'est que plus tard qu'il acquiert les autres particularités secondaires de forme qui distinguent la variété humaine à laquelle il appartient.

La généralisation que nous exprimons et dont nous donnons des exemples ne doit pas être confondue avec une autre qui n'a avec elle qu'une fausse ressemblance et qui a obtenu un crédit considérable. Les vulgarisations des travaux des embryologistes ont laissé croire que, durant son développement, chaque organisme d'un ordre plus élevé passe par des phases où il ressemble aux formes adultes des organismes d'un ordre moins élevé; que l'embryon de l'homme ressemble à un moment à un poisson, à un autre moment à un reptile. Cela n'est pas exact. Ce qui est certain, c'est que jusqu'à un certain point, les embryons d'un homme et d'un poisson continuent à se ressembler, et qu'ensuite les différences continuent à s'accentuer et à s'accroître, l'un se rapprochant de plus en plus de la forme d'un poisson, l'autre s'en écartant de plus en plus. Il en est de même pour la res-

semblance avec des types plus avancés. Supposé que les germes de toutes les espèces d'organismes se développent simultanément, nous pouvons dire que tous les membres de cette immense multitude d'êtres font leur premier pas dans la même direction; qu'au second pas une moitié de cette multitude se sépare de l'autre et s'engage dans un cours différent de développement; que l'assemblage immense contenu dans chacune de ces divisions ne tarde pas à laisser voir une tendance à prendre deux ou plusieurs voies de développement; que chacun des groupes secondaires qui en résultent ne montre pendant un temps que de faibles différences entre ses membres, puis se divise en groupes qui se séparent toujours davantage à mesure qu'ils progressent; et ainsi de suite, jusqu'à ce que chaque organisme, arrivé à peu près à son développement complet, ne soit suivi dans les modifications qu'il subira ultérieurement que par les organismes de la même espèce; et, pour finir, prenne les caractères qui le distinguent comme individu, et diverge très-peu des organismes qui lui ressemblent le plus. Le lecteur doit aussi se garder d'accepter cette généralisation comme exacte. La ressemblance qui se montre successivement entre ces groupes n'est pas rigoureuse, mais approximative. Les traits caractéristiques seuls sont les mêmes, et non tous les détails. C'est comme si, dans l'un des groupes divergents dont nous venons de parler, chaque espèce d'organisme, tout en suivant une direction générale de développement semblable à celle des autres espèces avec lesquelles elle voyage pour un temps, montrait dès le début une tendance à quitter la route commune, tendance qui s'accentuera davantage. Cependant, après toutes les réserves nécessaires ces ressemblances sont visibles; et c'est un fait d'une grande valeur qu'elles se suivent de la façon que nous avons exposée.

§ 53. La comparaison de la marche du développement dans une créature quelconque avec le cours du développement dans d'autres — la conclusion à laquelle on arrive que le cours du développement se présente dans chacun des êtres organisés, au premier moment, le même qu'il est dans tous les autres, pour devenir à chaque étape différent du cours de tous les autres, nous amène en présence d'une conclusion de même ordre. Si nous considérons les phases successives traversées par l'un quelconque des organismes supérieurs, et si nous observons la relation qui subsiste entre lui et le milieu qui l'entoure à chacune de ces phases, nous verrons que cette relation se modifie d'une façon analogue à celle des relations entre les organismes et leur milieu, à mesure que nous avançons des degrés inférieurs vers les degrés supérieurs. En même temps que la différenciation progressive de chaque organisme d'avec les autres, nous observons une différenciation progressive de cet organisme d'avec son milieu, semblable à la différenciation progressive d'avec le milieu que nous rencontrons dans les formes de la vie à mesure que nous remontons l'échelle vitale. Examinons d'abord la manière dont ces formes de plus en plus élevées manifestent la différenciation progressive qui les distingue de leur milieu.

D'abord, c'est dans la *structure*. Le progrès de l'homogène à l'hétérogène implique un accroissement de la différence d'avec le monde inorganique. Chez les *protozoaires* inférieurs nous trouvons une simplicité voisine de celle de l'air, de l'eau, de la terre, et l'échelle où les organismes se rangent d'après la complexité toujours plus grande de leur structure, est une échelle où les organismes successifs présentent au point de vue de la structure un contraste plus tranché avec le milieu sans structure qui les entoure. Même chose aussi

dans la *forme*. Un des caractères ordinaires de la matière inorganique, c'est qu'elle n'a pas de forme définie; c'est aussi le caractère des organismes inférieurs comparés avec les supérieurs. Généralement parlant, les plantes sont moins définies que les animaux, tant au point de vue de la forme qu'à celui du volume ; elles sont susceptibles de plus grandes modifications dans les changements de position et de nutrition. Chez les animaux, les plus simples rhizopodes ne sont pas seulement sans structure, mais encore amorphes; la forme n'y est jamais spécifique, elle change constamment. Parmi les organismes qui résultent de l'agrégation de ces créatures, nous voyons que s'il en est, comme les foraminifères, qui présentent une forme quelque peu définie, au moins dans leur coquille, d'autres, comme les éponges, sont très-irréguliers. Les zoophytes et les polyzoaires sont des organismes composés, dont la plupart ont un mode de développement qui n'est pas plus déterminé que celui des plantes. Mais chez les animaux supérieurs, nous trouvons non-seulement que la forme adulte de chaque espèce est très-définie, mais que les individus de chaque espèce diffèrent très-peu de volume. Un accroissement analogue de contraste se montre dans la *composition chimique*. A peu d'exceptions près, et encore ne sont-elles que partielles, les animaux inférieurs et les formes végétales les plus inférieures sont aquatiques, et l'eau est à peu près leur unique élément. Les protophytes et les protozoaires desséchés se resserrent et ne forment plus qu'une poussière. Chez les acalèphes, nous ne trouvons que quelques grains de matière solide pour une livre d'eau. Les végétaux aquatiques supérieurs, de même que les animaux aquatiques supérieurs, qui possèdent en réalité une substance d'une plus grande ténacité, contiennent aussi une plus grande proportion d'éléments organiques, et sont par là, au point de vue

chimique, plus différents de leur milieu. Quand nous passons aux classes supérieures d'organismes, aux plantes et aux animaux terrestres, nous trouvons qu'au point de vue chimique, ils ont peu de chose en commun soit avec la terre sur laquelle ils sont placés, soit avec l'air qui les environne. Nous pouvons encore remarquer l'application du même principe dans la *pesanteur spécifique*. Les formes les plus simples, comme les spores et les gemmules de formes plus élevées, sont à peu de chose près de la même pesanteur spécifique que l'eau dans laquelle elles flottent. Sans doute on ne saurait dire que chez les organismes supérieurs habitants de l'eau, une pesanteur spécifique plus grande est le type d'une supériorité générale; mais nous pouvons dire que les ordres supérieurs de ces organismes, une fois dépouillés des appareils organiques d'où dépend leur pesanteur spécifique, diffèrent plus de l'eau par leur poids relatif que les inférieurs. Dans les organismes terrestres, le contraste devient de plus en plus marqué. Les arbres et les plantes, comme les insectes, les reptiles, les mammifères, les oiseaux, ont tous une pesanteur spécifique bien moindre que celle de la terre, et bien plus grande que celle de l'air. Ce n'est pas tout; nous voyons encore que la loi de ressemblance s'étend à la *température*. Les plantes n'engendrent que de faibles quantités de chaleur qu'il faut découvrir à l'aide de délicates recherches expérimentales; et en pratique on peut les considérer comme de même température que leur milieu. La température des animaux aquatiques ne s'élève guère au-dessus de celle de l'eau ambiante; et celle des invertébrés reste pour la plupart au-dessous de moins d'un degré, et celle des poissons ne la dépasse guère que de deux à trois degrés, excepté chez quelques grands poissons à sang rouge, comme le thon, qui a une température de près de dix degrés

supérieure à celle de l'eau. Chez les insectes, l'excès varie de deux à dix degrés sur la température de l'air; et l'excès dépend de leur activité. La chaleur des reptiles est de quatre à quinze degrés de plus que la chaleur de leur milieu. Mais les mammifères et les oiseaux entretiennent une chaleur qui se soutient presque sans être affectée par les variations externes, et dépasse celle de l'air de vingt, trente, et même trente-sept degrés centigrades. Ajoutons encore qu'une différenciation progressive se montre dans l'existence d'une *mobilité plus grande.* Le caractère spécial qui nous fait distinguer la matière morte, est son inertie; nous reconnaissons la vie à l'existence d'une certaine somme de mouvement indépendant. Laissant de côté la frontière mal délimitée qui sépare le règne végétal du règne animal, nous pouvons appeler, par une classification grossière, les plantes des organismes qui, s'ils offrent l'espèce de mouvement supposé par la croissance, sont pourtant non-seulement dépourvus du pouvoir locomoteur, mais aussi, sauf quelques exceptions sans importance, dépourvus du pouvoir de mouvoir leurs parties en changeant leurs positions respectives; et à ce point de vue elles se distinguent moins du monde inorganique que du règne animal. Bien que dans les protophytes et protozoaires microscopiques, habitants de l'eau, tels que les spores des algues, les gemmules des éponges, les infusoires en général, nous voyions la locomotion produite par l'action de cils, il faut reconnaître que ce genre de locomotion, rapide, il est vrai, eu égard au volume de ces petits êtres, est pourtant lent au sens absolu. Un grand nombre de célentérés sont enracinés d'une manière permanente ou demeurent habituellement stationnaires, et n'ont guère d'autre mobilité spontanée que celle que suppose le mouvement des parties; le reste, les acalèphes, par exemple,

n'ont qu'une faible aptitude à se mouvoir dans l'eau. Chez les invertébrés aquatiques supérieurs, les seiches, les homards, par exemple, il y a une faculté de locomotion considérable. Les vertébrés aquatiques, considérés dans l'ensemble de leur classe, sont bien plus actifs dans leurs mouvements que les autres habitants de l'eau. Mais ce n'est qu'en arrivant aux animaux à respiration aérienne que nous rencontrons le caractère vital de la mobilité spontanée manifesté au plus haut degré. Les insectes qui volent, les mammifères et les oiseaux, voyagent avec une vitesse qui dépasse de beaucoup celle des animaux inférieurs; et par là ils se distinguent de leur milieu inerte par un contraste plus tranché. Ainsi, en examinant les divers degrés des organismes, en remontant l'échelle, nous voyons qu'ils se distinguent de plus en plus de leurs milieux inanimés, par la *structure*, la *forme*, la *composition chimique*, la *pesanteur spécifique*, la *température*, la *mobilité spontanée*. Il est vrai que cette généralisation ne se présente pas avec une régularité complète. Les organismes qui à certains égards se distinguent de la manière la plus tranchée d'avec le monde inorganique ambiant, s'en distinguent moins à d'autres égards que des organismes moins élevés. Considérés comme classe, les mammifères sont plus élevés que les oiseaux, et pourtant ils ont une température inférieure et ne possèdent qu'une faible faculté de locomotion. L'huître, qui est stationnaire, a une organisation supérieure à celle de la méduse qui nage librement; le poisson, animal à sang froid et moins hétérogène, a les mouvements plus rapides que l'animal à sang chaud et plus hétérogène appelé paresseux. Mais on peut reconnaître que les divers aspects sous lesquels se révèle ce contraste croissant présentent des rapports variables entre eux, sans contredire le principe général d'après lequel, à mesure que nous nous

élevons dans l'échelle de la vie, nous rencontrons non-seulement une plus grande différenciation de parties, mais aussi une différenciation croissante d'avec le milieu ambiant dans d'autres attributs physiques. Il semble que ce caractère soit uni par quelque lien de nécessité avec les manifestations vitales supérieures. Un de ces animaux inférieurs de structure gélatineuse, tellement transparents et incolores qu'on ne les distingue qu'avec peine de l'eau où ils flottent suspendus, un de ces animaux ne ressemble pas plus à son milieu par ses propriétés chimiques, mécaniques, optiques, thermiques et autres, que par la passivité avec laquelle il subit toutes les influences et toutes les actions dont il est l'objet. Le mammifère, de son côté, ne diffère pas plus largement des choses inanimées par ces propriétés, que par l'activité avec laquelle il contre-balance les changements compensateurs au dedans de lui. Dans les animaux placés entre ces deux extrêmes, nous observerons une proportion constante entre ces deux espèces de contraste. En conséquence, nous pouvons dire que dans la proportion où un organisme ressemble physiquement à son milieu, il demeure participant passivement aux changements qui s'y passent, tandis que dans la proportion où il est pourvu des facultés de réagir contre ces changements, il présente une dissemblance plus grande avec son milieu.

Maintenant, si nous examinons au même point de vue la relation que soutient un organisme supérieur avec son milieu pendant les phases successives de son existence, nous trouverons une série analogue de contrastes. Il va sans dire qu'au point de vue de la *structure*, le parallélisme est complet. La différence d'abord faible qui sépare le germe comparativement sans structure d'avec le monde inorganique comparativement sans structure, devient nécessairement plus

grande, pas à pas, à mesure que les différenciations du germe deviennent plus nombreuses et plus définies. Il est également évident qu'il en est de même de la forme. La sphère, point de départ commun à tous les organismes, est la figure la plus généralisée, et celle qui se trouve, en diverses circonstances, revêtue par la substance organique. Sphérique à son origine, l'organisme ne ressemble pas seulement à beaucoup de masses inorganiques, mais il ressemble à toutes en ce sens qu'il a la forme qui résulterait de la compensation mutuelle de toutes leurs inégalités. Mais à mesure qu'il se développe, il perd toute ressemblance avec les objets inorganiques de son milieu; et à la fin il est distinct même de tous les objets organiques qui habitent le même milieu. Pour la *pesanteur spécifique*, le changement, bien que peu marqué, se montre encore dans le même sens. Le développement se trouvant habituellement accompagné d'une décroissance relative dans la quantité d'eau, et d'une croissance dans la quantité des éléments qui sont plus lourds que l'eau, il en résulte une augmentation du poids relatif. Dans la faculté de conserver une *température* supérieure à celle des choses ambiantes, la différenciation d'avec le milieu, qui accompagne le développement, se montre tranchée. Tous les œufs dépendent du dehors pour leur chaleur. Comme les corps inorganiques, ils gagnent ou perdent de la chaleur suivant que les corps voisins sont plus froids ou plus chauds. Le jeune mammifère est, durant sa vie utérine, dépendant de la chaleur maternelle; et au moment de sa naissance il n'a qu'un pouvoir bien imparfait de combler la perte provenant du rayonnement. Mais à mesure qu'il avance en développement, il acquiert une aptitude à conserver une température supérieure à celle des choses ambiantes, qui le rend plus dissemblable aux choses ambiantes, à l'exception des organismes

d'une constitution voisine de la sienne. Enfin, au point de vue de la *mobilité spontanée*, ce contraste croissant n'est pas moins tranché. Sauf dans quelques tribus anormales, surtout parasites, nous trouvons qu'en général le pouvoir locomoteur, complétement absent ou très-faible au début, s'accroît à mesure qu'on s'approche de l'état adulte. Plus les organismes sont développés, plus s'accroît le contraste entre son activité et l'inertie des objets parmi lesquels il se meut.

Ainsi nous pouvons dire que le développement d'un organisme individuel est en même temps une différenciation de ses parties, les unes à l'égard des autres, et une différenciation qui distingue le tout dans son unité d'avec son milieu, et qu'au dernier comme au premier point de vue, il existe une analogie générale entre la progression d'un organisme individuel et celle des ordres inférieurs d'organismes vers les ordres supérieurs. Il y a lieu de remarquer une certaine parenté entre ces généralisations et la doctrine de Schelling, que la vie est la tendance à l'individuation. Évidemment, en effet, c'est en devenant plus distincts les uns des autres, et de leur milieu, que les organismes acquièrent chacun une individualité plus marquée. Pourtant, autant que je puis le comprendre d'après sa philosophie, il me semble que Schelling entendait cette notion bien plutôt en un sens général et transcendantal qu'en un sens spécial et scientifique.

§ 54. Il faut que nous ajournions à la quatrième et à la cinquième partie de cet ouvrage, où nous nous en occuperons d'une manière spéciale, les interprétations déductives de ces faits généraux de développement, autant du moins qu'il est possible d'en établir aujourd'hui. Il y a pourtant une ou deux questions générales relatives à ces

inductions qu'il vaut mieux examiner tout de suite au point de vue déductif.

On voit tout de suite la nécessité de la loi générale de développement des organismes, puisque les états du début et de la fin du développement sont ce que nous les connaissons. Étant donné que chaque organisme est au début homogène et qu'à son état complet il est hétérogène relativement, il s'ensuit nécessairement que le développement est un changement de l'homogène à l'hétérogène, pendant lequel l'organisme a traversé tous les degrés infinitésimaux d'hétérogénéité qui séparent les deux extrêmes. En outre, s'il y a au début un état indéfini, et à la fin un état défini, la transition de l'un à l'autre ne saurait se faire que par tous les degrés intermédiaires où l'état est de plus en plus défini. De plus, si les parties originellement incohérentes, ou sans lien de combinaison, se trouvent à la fin relativement cohérentes ou combinées, il faut qu'il y ait un accroissement continu de cohésion ou de combinaison. Il en résulte le principe général que le développement est un changement d'une homogénéité incohérente, indéfinie, à une hétérogénéité cohérente, définie, devient évident par lui-même, quand l'observation nous a montré l'état par où les organismes commencent et celui où ils aboutissent.

La production de chaque organe au dedans de l'organisme s'opère aux dépens de substances contenues dans l'organisme, exactement de la même manière que la croissance d'un organisme dans son unité s'opère aux dépens des substances de son milieu qui sont semblables à celles qui composent l'organisme. Chaque organe aux dépens de l'organisme dans son unité, intègre en lui-même les substances qui circulent autour de lui, y prenant certaines espèces spéciales de substances et en des proportions spéciales, de la même façon que

l'organisme considéré dans son unité intègre en lui-même certaines espèces de substances et en certaines proportions aux dépens de son milieu considéré dans son unité. De la sorte les organes se trouvent réciproquement différenciés quant à la qualité d'une façon analogue à celle par laquelle l'organisme entier se trouve qualitativement différencié des choses ambiantes. Évidemment cette assimilation élective est un exemple du grand principe que l'on peut démontrer *à priori*, que les unités semblables tendent à s'agréger. De plus, c'est un exemple du même principe à un autre point de vue, à savoir que la préexistence d'une masse de certaines unités produit, probablement par attraction polaire, une tendance chez les unités de même espèce à s'agréger à cette masse plutôt qu'ailleurs. On a vu que, lorsque deux sels, A et B, coexistent dans une solution qui n'est point assez concentrée pour que la cristallisation s'y produise, si l'on y introduit un cristal de sel A, il s'accroîtra en unissant à sa masse les atomes dissous du sel A; et que pareillement, bien que d'ailleurs il ne s'opère aucun dépôt du sel B, si un cristal de sel B est introduit dans la solution, il exercera une force de coercition sur les atomes diffusés de ce sel, et grandira à leurs dépens. Il n'est pas douteux qu'une bonne part de l'assimilation organique ne se fasse de la même façon. Les diverses parties de l'organisme sont composées d'unités spéciales, ou possèdent la fonction de sécréter des unités spéciales, qui n'y sont jamais en grande quantité. Les fluides circulant dans tout le corps contiennent des unités spéciales du même ordre. Ces unités diffusées ne cessent de se déposer à côté des groupes d'unités semblables qui existent déjà Ce qui montre bien que les causes de cette assimilation élective sont purement physiques, c'est le fait que les éléments anormaux du sang sont sécrétés de la même façon. Les cellules du

cancer une fois qu'elles ont commencé à se déposer en un lieu particulier, continuent à se déposer à ce même endroit. La substance tuberculeuse fait son apparition en certains points et ensuite se rassemble de plus en plus autour de ces points. Il en est de même dans les nombreuses maladies pustuleuses. Quand les unités composantes d'un organe, ou quelques-unes de ces unités, n'existent pas toutes formées dans les fluides circulants, mais se forment aux dépens d'éléments ou de composés qui existent séparément dans les fluides circulants, il est clair que l'opération d'assimilation différentielle est d'une espèce plus complexe. Pourtant il n'est pas impossible qu'elle s'opère d'une façon analogue. S'il y a un agrégat d'atomes composés, dont chacun contient les éléments A, B, C, et si autour de cet agrégat les éléments constituants A, B et C sont diffusés à l'état libre, on peut s'attendre à ce que la force polaire de coercition de ces atomes composés agrégés A, B, C, n'annexe pas seulement les atomes composés adjacents A, B, C, mais soit la cause que les éléments adjacents A, B et C s'unissent pour former de semblables atomes composés, et ensuite s'agrégent à la masse. S'il devait en être ainsi, l'opération d'assimilation différentielle qui joue un rôle si important dans le développement organique ne sera pas difficile à comprendre. Toutefois, à présent, l'étude chimique ne semble pas avoir fourni de preuve ni pour ni contre cette hypothèse.

CHAPITRE III

LA FONCTION.

§ 55. La structure donne-t-elle naissance à la fonction, ou la fonction à la structure? Question controversée. En se servant du mot fonction dans sa signification la plus étendue, pour désigner la totalité des actions vitales, la question revient à ceci : La vie produit-elle l'organisation, ou l'organisation la vie?

Il n'est pas aisé de répondre à cette question, puisque nous trouvons ordinairement l'organisation et la vie associées de telle sorte que l'une ne paraît pas possible sans l'autre, et qu'on les voit constamment grandir et décroître ensemble. A ceux qui disent que l'arrangement des substances organiques en des formes particulières ne saurait être la cause première des changements vitaux qui doivent dépendre des propriétés de ces substances, on peut répondre qu'en l'absence d'arrangements de structure, les forces dégagées par les substances ne peuvent se diriger et se combiner de façon à assurer la correspondance entre les actions internes et les externes, qui constitue la vie. De plus, à ceux qui prétendent que l'activité vitale de chaque germe au début de chaque organisme, est évidemment antérieure au développement de

ses structures, on répondra que ce germe n'est pas absolument sans structure, mais qu'il se compose d'une masse de cellules contenant une cellule qui diffère des autres et donne le branle aux changements qui constituent le développement. Toutefois il y a un fait qui suppose que la fonction doit être considérée comme précédant la structure. Les plus pauvres rhizopodes où l'on ne distingue pas de parties, et qui pourtant se nourrissent, croissent et se meuvent, sont pour Huxley des exemples d'une vie qui subsiste sans organisation. Les changements continus de forme qui distinguent seuls ces animaux d'un morceau de matière inanimée, sont sans aucun doute absolument irréguliers et sans direction. Mais ils servent, la part faite aux accidents, à la nutrition de l'animal, et ils supposent une dépense de force qui dépend de quelque façon d'une certaine consommation d'aliments. Par conséquent ils présentent, bien que de la façon la plus grossière, une accommodation vitale de relations internes et externes.

§ 56. La fonction peut se diviser en diverses espèces, à notre point de vue. Suivons-les dans l'ordre de leur simplicité.

Dans la fonction comprise, en son sens le plus étendu, se trouvent renfermées à la fois les distributions statiques et dynamiques de force qu'un organisme oppose aux forces que l'on fait agir sur lui. Dans un arbre, le cœur ligneux du tronc et des branches, et dans un animal, le squelette interne ou externe peut être considéré comme opposant une résistance passive à la pesanteur et au moment qui tend habituellement, ou par occasion, à déranger les relations nécessaires entre l'organisme et son milieu; et, puisqu'ils résistent à ces forces uniquement par cohésion, on peut appeler leurs fonctions *statiques*. Par contre, les feuilles et les vaisseaux de la

sève dans un arbre, et les organes qui, chez l'animal, font marcher la nutrition et la circulation, aussi bien que ceux qui engendrent et dirigent le mouvement musculaire, doivent être considérés comme remplissant des fonctions *dynamiques*. A un autre point de vue, on peut diviser la fonction en *accumulation de force* (latente dans la nourriture); *dépense de force* (latente dans les tissus et certaines substances qu'ils absorbent) et la *transmission de force* (latente dans l'aliment préparé ou dans le sang) des parties qui accumulent aux parties qui dépensent. Dans les plantes, nous ne voyons guère que les premières; la dépense est inappréciable, et la transmission nécessaire seulement pour faciliter l'accumulation. Chez les animaux, la fonction d'*accumulation* comprend les opérations par lesquelles les matériaux contenant de la force latente sont ingérés, digérés et séparés d'autres matériaux; la fonction de transmission comprend les opérations par lesquelles ces matériaux et ceux qui sont nécessaires pour dégager les forces qu'elles contiennent, sont charriés dans tout l'organisme; enfin la fonction de dépense comprend les opérations par lesquelles les forces sont dégagées des matériaux et transformées en mouvements convenablement coordonnés. Chacune de ces trois divisions générales comprend plusieurs divisions plus spéciales. On peut diviser l'accumulation de force en *alimentation* et *aération;* la première de ces subdivisions peut encore se diviser en divers actes accomplis depuis la préhension de l'aliment jusqu'au moment où une partie de la matière ingérée se transforme en sang. Par transmission de force il faut entendre ce que nous appelons *circulation*, du moment que l'on étend le sens du mot circulation pour lui faire embrasser les charges du système vasculaire sanguin et du lymphatique. Sous le titre de dépense de force rentrent les *actions nerveuses* et

musculaires qui la représentent presque tout entière, bien que non d'une façon absolue. Enfin il y a les fonctions subsidiaires, qui ne rentrent, à proprement parler, dans aucune de ces fonctions générales, mais qui leur viennent en aide en écartant les obstacles qui s'y opposeraient : ce sont celles d'*excrétion* et d'*exhalation*, qui rejettent les produits de décomposition. De plus, si l'on ne tient pas compte du but des fonctions et qu'on ne les considère qu'au point de vue analytique, on les regardera dans leur signification la plus générale, comme les corrélatifs des tissus, et l'on aura à étudier les actions du tissu épidermique, du tissu cartilagineux, du tissu élastique, du tissu conjonctif, du tissu osseux, du tissu musculaire, du tissu nerveux. Ajoutons encore que la physiologie, dans ses interprétations concrètes, reconnaît des fonctions spéciales comme buts d'organes spéciaux, les dents comme ayant la charge de la mastication; le cœur comme un appareil de propulsion pour le sang; telle glande comme disposée pour produire telle sécrétion, et telle autre pour en produire une autre; chaque muscle comme agent d'un mouvement particulier; chaque nerf comme le véhicule d'une sensation spéciale ou d'une impulsion motrice spéciale.

Ne traitant de la biologie que dans ses grandes lignes, nous n'avons évidemment pas à nous occuper des fonctions spéciales, excepté dans la mesure où elles servent d'exemple ou de restriction aux générales.

§ 57. La première induction que nous devons poser est bien connue et assez évidente : c'est que la complexité de la fonction est corrélative de la complexité de la structure. Notons brièvement les principaux faits de cette induction.

Lorsqu'il n'existe pas de différence de structure, il n'y a

pas de différence de fonction. Un de ces rhizopodes dont nous avons parlé comme ayant vie sans organisation, servira d'exemple. Du côté externe de cet animal, qui n'a pas même une membrane limitante, s'avancent de nombreux processus filiformes. Chacun de ces processus, de quelque point de la surface qu'il naisse, peut se contracter de nouveau et disparaître; ou il peut toucher quelque fragment d'aliment qu'il tire avec lui dans la masse générale, quand il se contracte : il sert donc à la fois de main et de bouche. Ou bien il peut venir en contact avec quelque processus congénère à quelque distance des corps et s'y souder; ou bien s'attacher à un objet fixe voisin et aider par sa contraction à tirer le corps dans une position nouvelle. Bref, ce petit fragment dépourvu de structure, d'une gelée animée, est en même temps estomac, peau, bouche, membres, et sans doute aussi poumon. Dans les organismes où il y a une distribution fixe de parties, il y a en même temps une distribution fixe d'actions. Chez les plantes, nous voyons que lorsqu'au lieu d'un tissu uniforme comme celui des algues, servant partout à l'assimilation de la même manière, il existe, comme dans les exogènes, une racine, une tige et des feuilles; il se produit aussi des opérations dissemblables, qui leur correspondent. C'est d'une façon bien plus frappante que la variété de fonction se montre chez les animaux quand la masse primitivement homogène se trouve remplacée par des organes hétérogènes; puisque c'est à la fois isolément et par leurs actions combinées que les parties modifiées donnent naissance à des changements modifiés. Jusqu'aux types organiques supérieurs, cette dépendance demeure manifeste, et on peut reconnaître, non-seulement de la façon la plus générale, mais aussi de la façon la plus spéciale, que chez les animaux qui ont un groupe de fonctions développé avec une hétérogénéité plus qu'or-

dinaire, il existe un appareil d'une hétérogénéité correspondante qui leur est consacré. C'est ainsi que chez les oiseaux qui ont des facultés locomotrices plus variées que les mammifères, les membres sont plus profondément différenciés, et que les mammifères, qui parviennent à des accommodations plus nombreuses et mieux appropriées des relations internes avec les externes, que ne font les oiseaux, ont le système nerveux plus compliqué.

§ 58. C'est une généralisation presque aussi évidente que la précédente que les fonctions, comme les structures, *se* forment par des différenciations successives. De même qu'un organe est d'abord un rudiment indéfini, n'ayant rien de commun avec la forme qu'il doit revêtir à la fin, si ce n'est quelques caractères très-généraux, de même une fonction commence comme une espèce d'action qui ne ressemble à l'espèce d'action qu'elle deviendra plus tard que d'une manière vague. Et, dans le développement des fonctions comme dans celui des structures, le trait principal qui se manifeste de bonne heure est suivi de traits d'importance toujours moindre. Il en est de même dans toute la série descendante des organismes et dans toutes les périodes de chaque organisme. Voyons les faits, en bornant notre attention aux animaux où le développement fonctionnel se montre mieux que dans les végétaux.

La première différenciation qui s'établit sépare les deux fonctions radicalement opposées que nous avons nommées ci-dessus, l'accumulation et la dépense de force. Laissons les protozoaires, parmi lesquels pourtant les tribus qui présentent des distributions fixes de parties nous offrent les mêmes résultats, et commençons par les célentérés, où les tissus définis se montrent pour la première fois; nous obser-

vons que la seule distinction fonctionnelle marquée se présente entre l'endoderme, qui absorbe la nourriture, et l'ectoderme, qui, par ses propres contractions et celles des tentacules qu'il porte, produit le mouvement. Nous pouvons reconnaître que les fonctions d'accumulation et de dépense se trouvent très-incomplétement distinguées, sans cesser d'admettre que c'est la première spécialisation qui se montre. Ces deux fonctions de la plus grande généralité et de l'opposition la plus radicale, sont chez les *polyzoaires* bien plus clairement distinguées l'une de l'autre, en même temps que chacune se divise en deux fonctions subordonnées. L'endoderme et l'ectoderme ne sont plus simplement les parois d'un même sac simple où la nourriture est attirée; mais l'endoderme forme un véritable canal alimentaire séparé de l'ectoderme par une cavité périviscérale, qui contient les matières nutritives extraites de la nourriture. Cela veut dire que la fonction d'accumuler de la force est exercée par une partie nettement séparée de la partie principalement occupée à dépenser de la force : l'espace qui les sépare, plein de matière nutritive, effectuant d'une façon mal définie la transmission de force qui, à un degré plus élevé de l'évolution, devient une troisième fonction principale. En attendant, l'endoderme n'accomplit plus la fonction accumulative de la même façon dans toute son étendue; mais dans ses différentes portions l'œsophage, l'estomac et l'intestin remplissent des parties différentes de cette fonction. Au lieu d'une contractilité uniformément diffusée dans l'ectoderme, il s'y est formé des parties qui ont la charge de se contracter (muscles), et d'autres qui ont celle de les faire contracter (nerfs et ganglions). A mesure que nous remontons, la transmission de forces, qui jusqu'ici ne s'est encore effectuée que comme un effet secondaire, se trouve pourvue d'un organe spécial. Chez les mollusques

ascidiens, la circulation est produite par un tube musculaire ouvert aux deux bouts, qui, par une contraction propagée dans toute sa longueur, envoie à l'un des bouts le fluide nutritif accumulé dans l'autre, et, après avoir poussé le liquide pendant quelque temps dans cette direction, retourne son mouvement et le pousse en sens inverse. Par ces moyens, ce cœur rudimentaire engendre des courants alternants dans la substance nutritive, brute et diluée, qui occupe la cavité périviscérale. Nous n'avons pas à décrire de quelle manière la fonction de transmission de force, si vaguement indiquée chez ces animaux inférieurs, en vient plus tard à constituer la charge nettement définie d'un appareil compliqué composé de parties, dont chacune a en propre à remplir une partie de la charge générale. Il est assez évident que cette fonction générale se sépare des autres par une démarcation plus nette, en même temps qu'elle-même se divise en fonctions subordonnées.

Dans un embryon en voie de développement, les fonctions ou, pour parler plus strictement, les structures qui doivent les remplir se forment d'après le même ordre général. Il apparaît de très-bonne heure une distinction primaire semblable entre l'endoderme et l'ectoderme, la partie qui a pour charge d'accumuler la force et la partie aux dépens de laquelle croissent les organes qui sont les grands dépensiers de force. Entre ces deux parties va devenir visible le rudiment du système qui doit remplir la charge intermédiaire de transporter la force. De ces trois fonctions générales, celle d'accumulation s'exerce dès le début : l'endoderme, même encore incomplétement différencié de l'ectoderme, absorbe les substances nutritives contenues dans le jaune sous-jacent. La transmission de force se fait aussi dans une certaine étendue par le système vasculaire rudimentaire,

aussitôt que sa cavité centrale et les vaisseaux qui s'y attachent sont ébauchés. Mais la dépense de force (chez les animaux supérieurs au moins) ne s'exerce pas d'une manière appréciable par les structures ectodermiques qui sont plus tard principalement consacrées à ce service. Il n'existe rien à quoi l'action de ces parties pourrait s'appliquer. Il en est de même des principales subdivisions de ces fonctions fondamentales. Si nous considérons celles dont s'acquitte l'ectoderme, en puissance sinon en acte, nous reconnaissons que la distinction établie en premier lieu sépare l'office de transformer d'autres forces en mouvement mécanique de l'office de mettre en liberté la force ainsi transformée, au sein de la partie même, aux dépens de laquelle le tissu musculaire se développera : voilà bien marqué le rudiment du système nerveux. Les différences qui indiquent les structures qui ont à partager entre elles la charge générale de dépenser la force, ne tardent pas à être suivis de changements qui présagent de nouvelles spécialisations de ce devoir général. Dès que le système nerveux commence à se former, on voit naître le contraste entre la masse cérébrale et le cordon spinal, qui répond en somme à la division des actions nerveuses en directrices et exécutives; en même temps l'apparition des lames vertébrales présage la séparation du système osseux d'avec le système musculaire, auquel il fournira une résistance, quand celui-ci, en engendrant du mouvement, le soumettra à ses efforts. En même temps, il s'est fait dans les fonctions d'accumulation et de transmission de force de semblables spécialisations actuelles et potentielles. Dans toutes les phases subséquentes la méthode est essentiellement la même.

Ce progrès, qui va d'actions générales, indéfinies, simples, à des actions spéciales, définies, compliquées, a reçu

de Milne Edwards un nom fort bien appliqué, il l'appelle *division physiologique du travail.* Il n'est peut-être pas de métaphore qui exprime mieux la nature de ce progrès allant de l'activité vitale, dans ses formes les plus basses, à l'activité vitale dans ses formes les plus élevées. Il n'y a probablement pas de meilleur moyen d'arriver à une conception du développement des fonctions dans les organismes que d'étudier le développement des fonctions dans les sociétés. Nous y voyons, en premier lieu, se faire une distinction entre la classe gouvernante et la classe gouvernée; puis, en même temps que dans la classe gouvernante se forment les services différents qu'on appelle civil, militaire et ecclésiastique, il se produit dans la classe gouvernée des différences essentiellement industrielles comme celles qui séparent les agriculteurs des artisans; puis, encore, il se fait dans ces divisions une multiplication continuelle d'occupations spécialisées et de fractions spécialisées dans chaque occupation.

§ 59. — Pour bien comprendre ce changement de l'homogénéité à l'hétérogénéité de fonction, qui accompagne le changement de l'homogénéité à l'hétérogénéité de structure, il est nécessaire de l'étudier au point de vue opposé. Seule, la proposition précédente donne une idée à la fois insuffisante et erronée. Les divisions et les subdivisions de fonction, devenant définies à mesure qu'elles se multiplient, ne conduisent pas à une indépendance de fonctions de plus en plus complète; comme cela arriverait s'il ne se passait rien de plus que ce que nous avons décrit. En même temps que d'un côté elles se séparent les unes des autres, d'un autre côté elles se combinent les unes avec les autres. En même temps qu'elles se différencient, elles s'intègrent aussi. Quelques exemples vont nous le faire voir.

Chez les animaux qui ne montrent guère plus que la différenciation primaire de fonctions, l'activité de la partie qui absorbe la nourriture et accumule de la force n'est pas immédiatement reliée à l'activité de la partie qui, en produisant du mouvement, dépense de la force. Toutefois, chez les animaux supérieurs, l'accomplissement des fonctions alimentaires dépend de l'accomplissement des diverses fonctions musculaires et nerveuses. La mastication et la déglutition sont des actes nervo-musculaires; les contractions rhythmiques de l'estomac et les mouvements vermiculaires de l'intestin qui sont de même ordre, sont le résultat de la stimulation de certaines tuniques musculaires par les fibres nerveuses qui s'y distribuent; la sécrétion de divers fluides digestifs par leurs glandes respectives est due à l'excitation nerveuse de ces glandes; et la digestion, outre qu'elle a besoin de ces secours spéciaux, ne se fait pas à moins d'une décharge continue de force par les grands centres nerveux. En outre, la fonction de transporter la matière nutritive ou la force latente d'un point à un autre, bien qu'au début elle ne se rattache pas étroitement à d'autres fonctions, finit par s'y relier. Le court tube contractile qui pousse d'avant en arrière le sang grossier dilué que contient la cavité périviscérale des mollusques inférieurs, n'est pas beaucoup plus compliqué que les autres organes de l'animal, tant au point de vue de la structure qu'à celui de la fonction. Mais quand on remonte chez les mollusques supérieurs, dans lesquels ce tube simple est remplacé par un système de tubes ramifiés qui distribuent leur contenu par leurs bouts ouverts dans les tissus, et qu'on arrive à ces types avancés d'animaux qui ont un système artériel et veineux clos, envoyant des rameaux ténus dans tous les recoins de chaque organe, on trouve que l'appareil vasculaire,

en même temps que sa structure s'est entremêlée avec toutes les parties du corps, est devenu incapable de remplir sa fonction sans le secours de fonctions tout à fait distinctes de la sienne. Le cœur est maintenant une pompe compliquée, mise en jeu par des muscles puissants, excités eux-mêmes par un système nerveux local; le système nerveux général aussi contribue à régler les contractions, tant du cœur que des artères. La fonction de la circulation est encore sous la dépendance de l'exercice régulier de la fonction respiratoire : si l'aération du sang est empêchée, l'activité vasculaire s'abaisse ; et l'arrêt de l'une amène bientôt l'arrêt de l'autre. De même pour les charges du système musculaire. Les animaux d'organisation inférieure, chez lesquels la différenciation et l'intégration des actions vitales n'ont pas été portées bien loin, continuent à se mouvoir çà et là pendant longtemps après qu'on les a privés de leurs viscères, c'est-à-dire des organes par lesquels la force est accumulée et transportée. Mais les animaux d'une organisation supérieure sont instantanément frappés de mort par l'ablation de ces organes, et même par une lésion de leur moindre partie : les mouvements d'un chien s'arrêtent brusquement quand on coupe l'un des principaux canaux qui servent au transport des matériaux, d'où le mouvement se dégage. Ainsi donc, chez les animaux d'un développement supérieur, en même temps que la distinction des fonctions est très-marquée, la combinaison des fonctions est très-intime. A chaque instant l'aération du sang suppose que certains muscles respiratoires ont été mis à l'état de contraction par certains nerfs, et que le cœur est régulièrement occupé à pousser le sang vers le théâtre de l'aération. A chaque instant la digestion a besoin pour continuer du concours du sang aéré, et d'un courant de force nerveuse dans

les organes digestifs. Pour que le cœur puisse agir, il faut qu'il soit à tout moment excité par des décharges de certains ganglions; et les décharges de ces ganglions ne sont possibles que parce qu'à tout moment ils reçoivent un arrivage du sang que le cœur pousse de ce côté.

Il n'est pas facile de trouver une expression adéquate pour cette double redistribution de fonctions. Il n'est pas aisé de comprendre une transformation en vertu de laquelle les fonctions se séparent les unes des autres en un sens, et se combinent entre elles dans un autre sens, ou pour mieux dire s'introduisent dans les interstices les unes des autres. Toutefois, dans ce cas, comme plus haut, une analogie tirée de l'organisation sociale vient à notre secours. Si nous remarquons comment la division croissante du travail dans les sociétés s'accompagne d'une coopération plus étroite, et comment les opérations des diverses actions sociales tout en devenant à un point de vue plus distinctes, se ramifient à un autre point de vue de plus en plus les unes dans les autres, nous comprendrons mieux la coopération physiologique croissante qui accompagne la division croissante du travail physiologique. Remarquons par exemple que lorsque les divisions et les classes de la société sont devenues différentes par leurs diverses occupations, l'accomplissement de leurs diverses occupations est devenu dépendant de l'activité régulière de cette vaste organisation qui rassemble et distribue les approvisionnements. Durant les premières périodes du développement social, chaque petit groupe de gens, et souvent chaque famille, se fournissait de tout ce qui lui était nécessaire sans recourir aux autres; mais aujourd'hui, pour chaque objet de nécessité, et pour chaque superfluité, il y a un corps combiné de distributeurs de gros et de détail qui met les ramifications de ses conduits d'ap-

provisionnement à la portée de tout le monde. Tandis que chaque citoyen poursuit une affaire qui ne tend pas immédiatement à la satisfaction de ses besoins personnels, il la trouve dans un système général d'affaires qui rassemble des marchandises en tous lieux pour lui et ses semblables, système d'affaires qui ne pourrait cesser ses opérations, ne fût-ce que quelques jours, sans mettre fin à la fonction propre qu'il remplit et à celles de la plupart des autres. Considérez, en outre, combien chacune de ces fonctions différenciées se trouve partout pénétrée par certaines autres fonctions différenciées. Les négociants importateurs, les manufacturiers, les distributeurs de gros, comme les banquiers et les hommes de loi, emploient des commis. Ces commis constituent une classe spécialisée dispersée dans les autres classes, et dont la fonction s'entremêle dans les diverses fonctions de ces autres classes. Pareillement les ouvriers de commerce, bien qu'en un certain sens ils aient une occupation séparée, ont en un autre sens une occupation qui fait partie de chacune des nombreuses occupations auxquelles elle sert d'aide. De même que dans la division sociologique du travail, de même aussi pour la division physiologique du travail que nous avons exposée. De même que dans une société avancée, en même temps que les systèmes de fonctions administratives, ecclésiastiques, médicales, judiciaires, manufacturières et commerciales sont devenues distinctes, elles ne laissent pas de mêler leurs opérations dans chaque localité; de même, dans un organisme développé, nous voyons qu'en même temps que les fonctions générales de circulation, de sécrétion, d'absorption, d'excrétion, de contraction, d'excitation, etc., se sont différenciées, néanmoins grâce aux ramifications de leurs appareils respectifs, elles se trouvent combinées entre elles dans chaque organe.

§ 60. Ordinairement, la division physiologique du travail n'est pas portée au point de détruire la communauté physiologique primitive du travail. Comme dans les sociétés l'adaptation de classes spéciales à des services spéciaux ne les rend pas complétement incapables d'accomplir les devoirs les uns des autres, en une occasion imprévue; de même aussi, dans les organismes, des tissus et des structures qui sont devenus propres aux offices particuliers dont ils ont à s'acquitter ordinairement, sont souvent susceptibles de remplir d'autres offices. M. Carpenter a fait voir que « dans des cas où les différentes fonctions se trouvent très-spécialisées, la structure générale conserve plus ou moins la communauté primitive de fonction qui ordinairement la caractérise. » Quelques exemples feront mieux comprendre cette généralisation.

Les racines et les feuilles des plantes sont très-profondément différenciées par leurs fonctions : les racines absorbent l'eau et les substances minérales; les feuilles absorbent l'acide carbonique et le décomposent. Néanmoins, les feuilles conservent un pouvoir considérable d'absorber de l'eau; et chez les plantes appelées épiphytes, l'absorption d'eau se fait tout entière par les feuilles et les tiges. Réciproquement, les parties souterraines peuvent remplir en partie les fonctions de feuilles : le tubercule d'une pomme de terre exposé à l'air développe de la chlorophylle à sa surface, et, dans d'autres cas, la racine proprement dite fait la même chose. Dans les arbres, les troncs qui ont en grande partie cessé de produire des bourgeons, recommencent à en produire dès que les branches ont été coupées; et dans ce cas les racines, bien qu'elles ne produisent pas d'ordinaire des organes feuillus, poussent des drageons en grand nombre. On trouve bien plus d'exemples de cette substitution de fonction chez les animaux. A partir de l'hydre qui peut vivre, qui continue à vivre, quand

les fonctions de la peau et de l'estomac ont été interverties, ce qu'on obtient en retournant l'animal en sorte que le dedans soit dehors, nous rencontrons à tous les degrés, même jusqu'aux animaux les plus élevés, la preuve que les organes d'absorption et d'excrétion peuvent se suppléer les uns les autres en partie. Chez les animaux les plus complétement organisés, l'absorption des aliments s'effectue exclusivement par une membrane interne; mais la membrane externe n'est pas complétement dépourvue du pouvoir d'absorber de la matière nutritive. Quand la nourriture ne peut être avalée, on peut prolonger la vie en plongeant le corps dans des liquides nutritifs. L'excrétion de l'acide carbonique et l'absorption d'oxygène s'accomplissent principalement dans les poumons, chez les animaux qui ont des poumons; mais il reste chez ces animaux une certaine quantité de respiration cutanée, et chez les batraciens à peau lisse, la grenouille par exemple, cette respiration cutanée est considérable. De plus, lorsque les reins ne remplissent pas leur fonction, une notable quantité d'urée est rejetée par la perspiration. Les fonctions supérieures nous présentent d'autres cas. Les membres qui chez les vertébrés inférieurs sont presque absolument des organes de locomotion, sont divisés chez l'homme par des fonctions spéciales en organes de locomotion et organes de préhension. Néanmoins les bras et les jambes remplissent quand cela est nécessaire, dans une certaine mesure, chacun l'office de l'autre. Ce n'est pas seulement dans l'enfance et la vieillesse que les bras servent à soutenir le corps, mais quand il s'agit de se hisser, par exemple, dans les ascensions de montagnes, des hommes dans toute la vigueur de l'âge y ont recours. Ce qui prouve que les membres inférieurs sont très-capables de remplir l'office des bras, c'est l'adresse de préhension que parviennent à acquérir les individus qui n'ont plus

de bras. Dans les perceptions nous rencontrons encore des exemples de substitution partielle. Le sourd du docteur Kitto disait que des vibrations extrêmement sensibles se propageaient dans tout son corps; il avait par ce moyen la faculté de percevoir grâce à ces sensations générales, les secousses qui avaient lieu dans le voisinage, dont nous sommes habituellement informés par l'oreille. Les aveugles font faire à leur ouïe une partie de l'office de la vision. Au lieu de reconnaître la position et le volume des objets du voisinage par la réflexion de la lumière à leur surface, ils le font d'une façon grossière par la réflexion du son.

Nous voyons, comme nous pouvions nous y attendre, que cette faculté de remplir des fonctions plus générales grandit dans la proportion où les parties sont peu adoptées à leurs fonctions spéciales. Dans l'hydre, où la transposition de fonctions est possible, la différenciation histologique qui a été établie, est extrêmement légère, ou même inappréciable. Les parties de plantes qui montrent une faculté si considérable de remplir les fonctions d'autres parties n'en sont pas très-dissemblables par les détails de leur structure. Les tissus qui, chez les animaux, sont jusqu'à un certain point susceptibles de se remplacer, sont des tissus où la composition cellulaire primitive est encore manifeste. Mais nous ne trouvons pas de preuve que les tissus musculaires, nerveux ou osseux sont capables à quelque degré que ce soit de remplir les fonctions qu'accomplissent les tissus moins différenciés. Nous n'avons non plus aucune preuve qu'un nerf puisse remplir partiellement l'office d'un muscle, ou un muscle celui d'un nerf. Nous devons donc dire que l'aptitude à reprendre la communauté primitive de fonction varie dans un rapport inverse avec la spécialisation de fonction, et qu'elle disparaît quand la spécialisation devient grande.

§ 61. On peut donner à l'appui des conclusions que nous venons d'obtenir *à postériori* quelques arguments qui se rapprochent d'une preuve *à priori*. Il faut les prendre pour ce qu'ils valent.

On pourrait dire que dans l'hypothèse de l'évolution, la vie vient nécessairement avant l'organisation. Dans cette hypothèse, la matière organique sous un état d'agrégation homogène, doit paraître avant la matière organique sous un état d'agrégation hétérogène. Mais puisque le passage d'un état où il n'y a pas de structure à un état de structure est lui-même une opération vitale, il en résulte que l'activité vitale doit avoir existé alors qu'il n'y avait pas encore de structure; la structure ne pourrait se produire autrement. La priorité de la fonction sur la structure paraît aussi impliquée dans la définition de la vie. Si la vie consiste en des actions internes ajustées de sorte qu'elles contre-balancent des actions externes : si les actions sont la *substance* de la vie, leur ajustement en étant la *forme*, ne pouvons-nous pas dire que les actions à former doivent venir avant ce qui les forme, que les changements continus qui sont le fond de la fonction doivent venir avant la structure qui donne une forme à la fonction? Ou bien encore, puisque dans toutes les périodes de la vie, jusqu'à la plus élevée, tout progrès est la réalisation d'un meilleur ajustement des actions internes aux externes, puisque la nouvelle complexité de structure qui l'accompagne n'est qu'un moyen de rendre possible ce meilleur ajustement, il s'ensuit que la fonction est depuis le commencement jusqu'à la fin la cause déterminante de la structure. Non-seulement il en est ainsi rigoureusement quand la modification de structure naît par réaction d'une modification de la fonction; mais il en est ainsi quand une modification de structure, produite d'autre manière, met en

jeu d'une manière sensible une modification de fonction. En effet, ce n'est que lorsqu'une modification dite spontanée de structure sert à quelque action avantageuse, qu'elle s'établit d'une manière permanente : si c'est une modification de structure survenue pour faciliter les actions vitales, la *sélection naturelle* la conserve et l'accroît; si non, elle disparaît.

La relation que nous avons notée entre l'hétérogénéité de structure et l'hétérogénéité de fonction, relation que l'expérience a rendue si familière, qu'il semble qu'il ne vaut guère la peine de la spécifier, cette relation est évidemment nécessaire. Il résulte du principe général que la proportion où un agrégat est hétérogène est aussi celle de l'hétérogénéité qu'il produira dans une force incidente (*Premiers principes*, § 156). La force que la décomposition met en liberté incessamment dans l'organisme, est ici la force incidente; les fonctions sont les formes diversement modifiées, produites dans ses divisions par les organes qu'elles traversent; et plus les organes sont multiformes, plus multiformes aussi doivent être les différenciations de la force qui les traverse.

Il résulte évidemment de ce qui précède que si la structure progresse de l'homogène, de l'indéfini, de l'incohérent, vers l'hétérogène, le défini, le cohérent, il doit en être de même de la fonction. Si le nombre des différentes parties d'un agrégat doit déterminer le nombre des différenciations produites dans les forces qui les traversent, si la distinction de ses parties les unes d'avec les autres, doit impliquer la distinction dans leurs réactions, et par conséquent la distinction entre les divisions de la force différenciée, il ne saurait manquer d'y avoir un parallélisme complet entre le développement de structure et le développement de fonction. Si la structure progresse du simple et du général vers le complexe et le spécial, il doit en être de même de la fonction.

CHAPITRE IV

USURE ET RÉPARATION.

§ 62. Dans tout le règne végétal, les opérations d'usure et de réparation sont relativement insignifiantes. Quoique les plantes, surtout certaines parties des plantes, dégagent de l'acide carbonique en l'absence de la lumière et sous des conditions particulières, si l'on veut voir dans cet acide un signe de l'usure des tissus, il n'en indique qu'un faible degré. Sans doute, s'il y a une usure peu considérable, il ne saurait y avoir qu'une faible réparation, j'entends cette réparation interstitielle qui restaure l'intégrité des parties usées par l'activité fonctionnelle. On ne trouve pas plus marquée chez les végétaux, si l'on l'y trouve, cette autre espèce de réparation qui consiste dans la restauration d'organes perdus ou lésés. Les feuilles arrachées et les rameaux raccourcis par l'émondeur ne reproduisent pas leurs parties manquantes; et bien que lorsqu'une branche d'arbre est coupée près du tronc, la place qu'elle laisse soit recouverte au bout de quelques années, ce n'est pas l'effet d'une action réparatrice de la surface blessée, mais celui d'une croissance latérale de l'écorce du voisinage. C'est pourquoi, sans dire que l'usure et la réparation n'ont pas lieu dans les plantes, nous

pouvons les négliger comme des actes physiologiques sans importance.

Il y a peu de signes d'usure dans ces ordres inférieurs d'animaux qui, par leur inactivité comparative, se montrent le moins éloignés de la vie végétale. Les actinies gardées dans un aquarium ne diminuent pas sensiblement par l'effet d'une longue abstinence. Les poissons mêmes, quoique bien plus actifs que la plupart des animaux aquatiques, ne semblent subir qu'une faible perte de substance quand on les garde sans manger pendant un long espace de temps. Les reptiles, dont la température ne s'élève guère, et qui, pour la plupart, passent leur vie dans un état de torpeur, ne souffrent qu'une faible diminution de masse par l'usure. Toutefois quand nous nous tournons vers ces ordres supérieurs, où les animaux sont actifs et à sang chaud, nous voyons que l'usure est rapide : qu'elle produit, quand elle ne rencontre aucun obstacle, une décroissance notable de volume et de poids, qui à la fin aboutit à la mort. Non-seulement nous observons que l'usure n'est pas considérable chez les animaux qui ne produisent qu'une faible quantité de mouvement sensible, et qu'elle devient apparente chez les créatures qui produisent beaucoup de mouvement sensible et insensible; mais nous trouvons qu'il y a le plus d'usure quand il y a la plus grande production de mouvement. Ce résultat est clairement prouvé par les animaux hibernants. « Valentin a trouvé que la marmotte, à l'état de veille, excrète environ 75 fois plus d'acide carbonique et inhale 41 fois plus d'oxygène que le même animal à l'état le plus complet d'hibernation. Les degrés entre la veille et l'hibernation profonde présentent des chiffres intermédiaires. Un hérisson à l'état de veille dégageait 20,5 fois plus d'acide carbonique et absorbait 18,4 fois plus d'oxygène qu'à l'état d'hibernation. » Si nous prenons

ces quantités d'oxygène absorbé et d'acide carbonique excrété, comme les signes aproximatifs de quantités relatives de substance organique consommée, nous voyons qu'il existe un contraste frappant entre l'usure qui accompagne l'état ordinaire d'activité et celle qui accompagne le repos complet et la réduction de la température. Cette différence se révèle encore plus nettement dans le fait que la perte journalière moyenne, produite par l'inanition chez les lapins et les cochons d'Inde, est à celle résultant de l'hibernation dans la proportion de 18,3 à 1. Chez l'homme et les animaux domestiques, la relation entre le degré d'usure et la somme de force dépensée, bien qu'on ne puisse la révoquer en doute, est moins exactement démontrable; puisque l'usure ne cesse jamais de rencontrer des obstacles dans la réparation. Toutefois nous trouvons dans la vie languissante de certains malades, qui prennent à peine quelque nourriture, mais qui restent tranquilles et se tiennent chaudement, un exemple de l'étendue de la diminution de l'usure, à mesure que la dépense de force diminue.

Outre le rapport entre l'usure de l'organisme dans son ensemble et la production de mouvement sensible et insensible par l'organisme dans son ensemble, il y a une connexion qu'on peut découvrir entre l'usure des parties spéciales et l'activité de ces mêmes parties en particulier. Des expériences ont montré qu'un « pigeon privé de nourriture consume chaque jour environ 40 fois plus de substance musculaire que la marmotte à l'état de torpeur, et seulement 11 fois autant de graisse, 33 fois plus de canal alimentaire, 18,3 fois plus de foie, 15 fois plus de poumon, 5 fois plus de peau. » Cela veut dire que, chez les animaux hibernants, les parties qui se consument le plus lentement, sont les organes en repos à peu près complet, et celles qui le sont le

plus sont des dépôts hydrocarbonés qui servent de réservoir de force; chez le pigeon, au contraire, qui ne reçoit aucune nourriture, mais qui est éveillé et actif, la plus grande perte se fait aux dépens des organes moteurs. La relation entre l'activité spéciale et l'usure spéciale se manifeste encore dans l'expérience journalière de tout le monde : non pas, il est vrai, dans la décroissance mesurable de parties actives quant au poids ou au volume, que nous n'avons aucun moyen de constater, mais par la diminution de l'aptitude de ces parties à remplir leurs fonctions. Ce sont choses bien connues que les jambes qui ont marché plusieurs heures ou les bras qui ont longtemps manié l'aviron, perdent la faculté d'agir, que les yeux s'affaiblissent par une lecture ou en suivant la main qui écrit, sans se reposer, que l'attention concentrée sans intervalle de repos, accable le cerveau au point de le rendre incapable de penser. Quoique nous n'ayons aucune preuve directe de ces rapports de cause à effet, on ne risque rien de conclure que les muscles surmenés jusqu'à ce qu'ils deviennent douloureux ou raides, et les nerfs des sens arrivés à la lassitude ou à l'insensibilité, sont des organes usés par l'action jusqu'à se trouver réduits à l'impuissance de remplir leur fonction.

La réparation est partout et toujours à l'œuvre pour combler les pertes causées par l'usure. Bien que les deux opérations varient dans leur proportion relative, elles ne laissent pas de marcher constamment. Si pendant qu'un animal est à l'état actif, pendant la veille, l'usure excède la réparation, pourtant la réparation marche; et si pendant le sommeil, la réparation est en excès sur l'usure, pourtant il y a une certaine usure rendue nécessaire par l'exercice de certaines fonctions qui ne s'interrompent jamais. Les organes de ces fonctions qui ne s'interrompent jamais, nous offrent,

sans doute, la preuve la plus concluante de la simultanéité de la réparation et de l'usure. La nuit comme le jour le cœur n'arrête jamais ses battements; et par suite la perte de substance que ses contractions subissent de moment en moment, doit être compensée de moment en moment. Le jour comme la nuit les poumons se dilatent et s'affaissent, et les muscles qui concourent à ces mouvements doivent se maintenir en un état d'intégrité, par une réparation qui côtoie l'usure, ou qui tour à tour la dépasse ou se laisse dépasser d'une très-faible quantité.

L'examen des faits nous montre, comme nous pouvions nous y attendre, que la réparation est le plus rapide quand l'activité est le plus réduite. En supposant que les organes qui absorbent et mettent en circulation la substance nutritive sont dans un état convenable, la restauration de l'intégrité de l'organisme, après la désintégration consécutive à la dépense de force, est proportionnée à la diminution survenue dans la dépense de force. C'est ainsi que nous savons tous que, chez les personnes en bonne santé, c'est après un profond sommeil, après une cessation complète de mouvement que la vigueur reparaît avec le plus d'intensité. Nous savons qu'une nuit durant laquelle le repos du corps et de l'esprit a été moins complet, ne se trouve pas d'ordinaire suivie de ce débordement spontané de force, signe d'un haut degré de puissance dans toute l'étendue de l'organisme. Nous savons, en outre, qu'en restant longtemps couché, même à l'état de veille (pourvu que la veille ne soit pas le résultat d'un désordre morbide), on restaure la force dans une certaine mesure; mais le résultat est moindre que celui qui aurait suivi l'inactivité plus grande du sommeil. Nous savons, aussi, que lorsque nous sommes épuisés par le travail, si nous restons assis, une partie de la force perdue nous revient. Nous n'i-

gnorons pas qu'après l'exercice violent de la course, nous n'avons qu'à passer à un exercice moins violent, celui de la marche, pour voir disparaître peu à peu la prostration que la course avait produit. Ces exemples prouvent d'une manière décisive que la reconstruction de l'organisme ne cesse de réparer la démolition que l'action y produit à tout moment, et que l'effet de la reconstruction devient manifeste dans la mesure où la démolition est moins rapide. Chaque aliment digéré fournit en quelques heures par voie d'absorption à la masse de substance nutritive qui circule dans le corps, un apport nouveau des composés organiques nécessaires; et du sang qui s'enrichit de la sorte de temps en temps, les organes qu'il traverse enlèvent sans cesse des matériaux pour remplacer les matériaux usés dans l'exercice de la fonction. Durant l'activité, la rédintégration se laisse distancer par la désintégration; jusqu'à ce qu'en conséquence, il survienne un état général de langueur des fonctions, aboutissant à la longue à un repos qui permet à la rédintégration de l'emporter sur la désintégration et de ramener les parties à leur état primitif d'intégrité. Ici, comme partout où il y a des actions antagonistes, nous voyons se produire des écarts rhythmiques des deux côtés opposés de l'état moyen, changements qui se font mutuellement équilibre par leurs excès alternatifs (*Premiers principes*, § 85, 173).

Nous ne manquons pas d'exemples qui démontrent la réparation spéciale, qui de même ne cesse pas de marcher, et qui aussi a des intervalles durant lesquels elle tombe au-dessous de l'usure et s'élève au-dessus. Chacun sait qu'un muscle, ou un groupe de muscles, continuellement tendus, comme, par exemple, quand on soulève un poids à bras tendu, perdent vite leur force; et la recouvrent plus ou moins promptement après un court repos. Les divers or-

ganes de sensation spéciale nous présentent des faits semblables : des sensations de goût fortes, des odeurs pénétrantes, des sons bruyants rendent pour un temps les nerfs qu'ils frappent impropres à l'appréciation de goûts, d'odeurs et de sons faibles ; mais un court repos remédie à ces incapacités. L'œil qui fixe le soleil en est affecté si fortement que pendant quelque temps il ne peut percevoir les contrastes ordinaires de lumière et d'ombre. Quand nous avons regardé une vive lumière d'une couleur particulière et que nous tournons les yeux vers les objets adjacents, nous y voyons une image de la couleur complémentaire ; ce qui montre que la rétine a, pour le moment, perdu le pouvoir de sentir de petites quantités des rayons qui l'ont fortement affectée. Cette incapacité disparaît en quelques secondes ou en quelques minutes, suivant les circonstances. Ces faits nous amènent à conclure que la réparation spéciale est sans cesse en voie de neutraliser l'usure spéciale. En effet, la rapidité avec laquelle les yeux recouvrent leur sensibilité varie avec le pouvoir réparateur de l'individu. Dans la jeunesse l'appareil visuel est si promptement restauré dans son état d'intégrité, que plusieurs de ces *photogènes*, comme on les appelle, ne sauraient être perçus. Quand, de l'intérieur d'une chambre, une personne affaiblie par la maladie ou l'âge avancé regarde à travers la fenêtre le ciel clair, et qu'ensuite elle porte le regard sur le mur voisin, elle perçoit une image instantanée négative de la fenêtre ; le châssis en est clair et les carreaux sombres ; mais une personne jeune et en bonne santé n'éprouve rien de semblable. Avec un sang riche et une circulation vigoureuse, la réparation des nerfs visuels, après des impressions d'intensité modérée, est à peu près instantanée. La fonction portée à l'excès peut produire une usure si grande que la réparation ne puisse se faire complé-

tement pendant la durée ordinaire du repos quotidien; il peut en résulter des incapacités d'organes surmenés, prolongées pendant de longs espaces de temps. Nous savons que les yeux forcés par un travail long et délicat perdent leur faculté pour des mois et des années, et quelquefois souffrent une lésion qu'ils ne peuvent jamais réparer. Le cerveau lui-même est souvent tellement surmené, qu'un relâchement permanent ne peut lui rendre la vigueur. Il en est de même pour les organes moteurs. La cause la plus fréquente de ce qu'on appelle paralysie d'épuisement, ou atrophie des muscles, est l'excès habituel de l'effort : la preuve en est que la maladie se présente plus fréquemment chez les individus occupés à des travaux pénibles, et attaque d'abord les muscles qui ont été le plus surmenés.

Il faut encore remarquer une autre espèce de réparation; à savoir celle qui restaure les parties lésées. Chez les hydrozoaires, on voit communément une partie quelconque du corps reproduire tout le reste; lors même que le reste qui doit être reproduit est la plus grande partie du corps entier. Chez les actinozaires d'une organisation plus compliquée, la moitié d'un individu se développe et forme un individu complet. Certains annélides inférieurs, comme la naïs, peuvent être découpés en trente ou quarante morceaux, et chaque morceau deviendra un animal complet. A mesure que nous nous élevons aux formes supérieures nous voyons cette faculté de réparation baisser beaucoup, tout en restant très-considérable. La restauration d'une pince perdue par un homard ou un crabe, est un fait bien connu. Certains vertébrés inférieurs, comme les lézards, peuvent refaire un membre ou une queue au lieu de ceux qui leur ont été coupés; et même ils peuvent renouveler cette restauration plusieurs fois, quoique à chaque fois le travail soit moins complet.

Toutefois les animaux supérieurs se refont dans des proportions bien restreintes. Les mammifères et les oiseaux manifestent cette propriété par la guérison de leurs blessures; et encore ne le font-ils le plus souvent que d'une façon très-imparfaite. En effet, dans les organes glandulaires, le tissu détruit ne se reproduit pas à proprement parler, il est remplacé par un tissu d'une espèce anormale, qui sert à unir les parties. De sorte que l'on peut dire que la faculté de restaurer les parties perdues est la plus grande quand l'organisation est la plus inférieure, et disparaît presque quand l'organisation est la plus élevée. Bien qu'on ne puisse pas dire qu'en ces extrêmes il y ait une relation inverse constante entre la faculté réparatrice et le degré d'organisation, nous pouvons dire pourtant que cette relation n'est pas loin d'être vraie.

§ 63. Il y a une harmonie évidente et complète entre la première des inductions précédentes, et la déduction qui découle immédiatement des premiers principes. Nous avons déjà vu (§ 23) « que quelque quantité de force que l'organisme dépense sous une forme quelconque, elle est corrélative et équivalente d'une force qui a été prise par lui au dehors. » Le mouvement sensible ou insensible engendré par un organisme est du mouvement insensible absorbé dans le cours de la production de certains composés chimiques que l'organisme s'approprie sous forme d'aliment. Une quantité de force égale à celle qu'il a fallu pour élever les éléments de ces atomes complexes à leur état d'équilibre instable, se trouve dégagée quand ils retombent à un état d'équilibre stable; et une fois tombés à un état d'équilibre stable, ils ne peuvent plus céder de force, ils sont devenus inertes et inutiles, et sont rejetés comme tels. C'est un corol-

laire inévitable de « la persistance de la force que chaque portion d'une force mécanique ou autre qu'un organisme manifeste, implique la transformation d'autant de substance organique qu'il en fallait pour contenir cette force à l'état latent. » Il en résulte aussi que cette substance organique en cédant de sa force latente perd sa valeur, ne peut pas servir aux fins de la vie, et n'est plus qu'une substance de rebut qu'il est nécessaire d'excréter. La perte de ces substances instables complexes doit donc être proportionnée à la quantité de force dépensée. C'est là la raison de certains faits généraux que nous venons de faire connaître. Les plantes ne s'usent pas beaucoup par la raison évidente que les mouvements sensibles et insensibles qu'elles engendrent ne sont pas considérables. Entre l'usure faible, l'activité faible, et la basse température des animaux inférieurs, il existe une relation qui comporte pareillement une démonstration *à priori*. Réciproquement, on peut prévoir avec exactitude l'usure rapide des animaux à sang chaud qui déploient une grande activité. La variation dans l'usure qui, dans le même organisme, accompagne la variation de la chaleur et de la production du mouvement mécanique est d'une nécessité non moins évidente.

Entre l'activité d'une partie spéciale et l'usure de cette partie, on peut établir déductivement une relation analogue quoiqu'on ne puisse pas conclure que cette relation soit également définie. Si l'activité de chaque organe était tout à fait indépendante de l'activité des autres organes, nous aurions pu nous attendre à trouver aisément cette relation; mais puisqu'une partie de la force que dépense un organe est tirée des matériaux que le sang lui apporte de moment en moment en quantités qui varient suivant la demande, et puisqu'une autre partie de la force que l'organe dépense,

lui vient sous forme de décharge nerveuse partant d'organes éloignés, il est clair que l'usure spéciale et l'usure générale se trouvent trop entremêlées pour qu'on puisse établir une relation définie entre l'usure spéciale et l'activité spéciale. Nous pouvons dire cependant que cette relation a toute l'évidence que nous pouvons raisonnablement souhaiter.

§ 64. Il n'est guère aisé de donner une interprétation déductive des phénomènes de réparation. La tendance manifestée par un organisme animal, aussi bien que par chacun de ses organes, à revenir à un état d'intégrité par l'assimilation de nouvelle substance, quand il a subi l'usure conséquence de son activité, est une tendance qui ne peut se déduire manifestement des premiers principes, bien qu'elle paraisse en harmonie avec eux. S'il existait dans le sang toutes formées des unités exactement semblables quant à l'espèce à celles dont chaque organe se compose, la séparation de ces unités pour aboutir à l'union de chaque espèce avec les groupes déjà existants de la même espèce serait simplement un bon exemple de différenciation et d'intégration (*Premiers principes*, § 163). Il se passerait alors quelque chose d'analogue à l'opération par laquelle dans une solution mélangée de plusieurs sels, il se dépose des masses séparées de ces sels, sous forme de cristaux différents. Mais, comme je l'ai déjà dit (§ 54), quoique l'assimilation élective qui opère la réparation des organes, résulte sans doute en partie d'une action de cette espèce, qui est une conséquence de la persistance de cette force (*Premiers principes*, § 169), les faits ne peuvent s'expliquer complétement, puisque des organes sont en partie composés d'unités qui n'existent pas sous cette forme dans les fluides circulants. Toutefois l'opération devient facile à comprendre quand

on montre, comme je l'ai suggéré (§ 54), que les groupes d'unités composées ont un certain pouvoir de donner à des matériaux qui se trouvent dans le voisinage et qui possèdent une constitution appropriée, leur forme propre. Voyons s'il n'y a pas lieu de penser que ce pouvoir existe.

« Le virus de la variole ou celui de la scarlatine, remarque M. Paget, une fois introduit dans le sang, va affecter la composition de la masse tout entière : la maladie suit son cours, et lorsque la guérison s'établit, il semble que le sang ait repris sa condition primitive : cependant il n'est plus ce qu'il était auparavant; en effet maintenant on peut y ajouter le même virus avec impunité. » ... « Le changement une fois produit peut être maintenu toute la vie. Il semble que ce soit la preuve de l'existence d'une force assimilatrice dans le sang; en effet il ne paraît y avoir qu'un seul moyen d'expliquer ces cas, c'est d'admettre que les particules altérées ont la faculté de s'assimiler toutes celles par lesquelles elles vont être remplacées : en d'autres termes, tout le sang qui se forme après cette maladie s'écarte de la composition naturelle au point d'acquérir la propriété engendrée par la maladie; il se forme d'après un modèle altéré. » Or, si les molécules composées du sang, ou d'un organisme considéré dans l'ensemble, ont le pouvoir de couler dans leur propre moule les substances qu'elles absorbent comme nourriture; et si, comme M. Paget l'indique, elles ont le pouvoir, quand leur type a été modifié par la maladie, de couler tous les matériaux reçus par la suite dans leur moule modifié, n'avons-nous pas raison de croire que les molécules plus ou moins spécialisées de chaque organe ont pareillement le pouvoir de donner aux matériaux que le sang leur apporte la forme de molécules pareillement spécialisées? L'une de ces conclusions semble le corollaire de l'autre. Il n'est pas possible

d'accorder ce pouvoir aux molécules composantes du sang, sans l'accorder aux unités composantes de chaque tissu. A la vérité en affirmant ce pouvoir on ne fait guère plus qu'affirmer le fait, que les organes composés d'unités spécialisées *sont* capables de reprendre leur intégrité de structure, après qu'ils ont subi l'usure par l'exercice de la fonction. Car s'ils la reprennent, c'est en formant avec les matériaux qui leur sont apportés certaines unités spécialisées d'une espèce analogue à celle dont elles sont composées; et cela c'est dire que leurs unités composantes ont le pouvoir de mouler des matériaux appropriés pour en faire d'autres unités du même ordre.

La réparation d'un tissu usé peut donc être considérée comme l'effet de forces analogues à celles par lesquelles un cristal reproduit son sommet cassé quand on le place dans une solution semblable à celle dans laquelle il s'est formé. Dans d'autres cas, une masse d'unités d'une espèce donnée montre un pouvoir de s'intégrer des unités diffuses de même espèce, avec cette seule différence que les masses organiques d'unités arrangent les unités diffuses sous des formes composées spéciales, avant de les intégrer dans leur substance. Quand il s'agit du cristal, cette rédintégration est attribuée à la polarité, force dont la nature nous est complétement inconnue. Toutefois, quelle que soit sa nature, il paraît probable que le pouvoir en vertu duquel les organismes se réparent aux dépens des substances nutritives qui circulent en eux, est du même ordre.

§ 65. Cet autre genre de réparation qui se manifeste dans la régénération des membres perclus, ne se comprend que comme effet d'actions semblables à celles dont nous venons de parler. L'aptitude d'un organisme à se recompléter quand

une de ses parties a été coupée, est du même ordre que celle d'un cristal endommagé à se recompléter elle-même. Dans l'un et l'autre cas la matière nouvellement assimilée se dépose de façon à restaurer le plan primitif. Et si, parlant du cristal, nous disons que l'agrégat total exerce sur ses parties une force qui contraigne les atomes nouvellement intégrés à prendre une certaine forme définitive, nous devons, pour l'organisme, supposer une force analogue. En réalité, ce n'est pas là une hypothèse; ce n'est pas autre chose qu'une expression généralisée de faits. Par exemple, lorsque la patte d'un lézard a été coupée, et qu'à sa place nous voyons se développer le germe d'une nouvelle patte, qui, passant par des phases de développement semblables à celles de la patte primitive, finit par arriver à la même forme et à la même structure, nous n'affirmons rien de plus que ce que nous voyons, quand nous disons que l'organisme dans son ensemble exerce sur le membre de nouvelle formation une force qui en fait la répétition du membre précédent. Si une patte se reproduit où il y avait une patte, et une queue où il y avait une queue, nous ne pouvons éviter de conclure que le système des forces du corps dirige les actes qui s'accomplissent dans chaque partie. Quand on considère ces faits dans leur rapport avec les divers faits de même ordre, il se présente une hypothèse d'après laquelle la forme de chaque espèce d'organisme est déterminée par une particularité dans la constitution de ses unités, et ces unités ont une structure spéciale dans laquelle elles tendent à s'arranger; comme en ont les unités de matière inorganique. Examinons les faits qui nous imposent plus particulièrement cette conclusion.

Un fragment de feuille de bégonia, planté dans le sol et conservé à une température appropriée, donnera un jeune bégonia; et le fragment capable de donner de la sorte nais-

sance à une feuille complète est si petit, qu'une seule feuille pourrait donner environ cent plantes. L'ami auquel je suis redevable de cette observation me dit que diverses plantes grasses possèdent une pareille propriété de multiplication. Comme exemple d'une faculté semblable chez les animaux, nous avons les expériences de Tremblay sur le polype commun qu'on a souvent citées. Chacun des quatre morceaux en lesquels on coupe l'animal devient un animal complet. Dans chacun de ces derniers, on obtient le même résultat en les coupant en deux ou trois, et ainsi de suite pour les fragments résultant d'une section, jusqu'à ne pas produire moins de cinquante polypes avec un seul. Les corps décapités régénèrent leur tête; les têtes régénèrent leur corps; et quand on a divisé un polype en autant de morceaux qu'on a pu, presque tous les morceaux continuent à vivre et deviennent un animal complet. Qu'est-ce donc que cela suppose? Nous ne pouvons pas dire que dans chaque portion d'une feuille de bégonia et dans chaque fragment du corps d'une hydre, il y a un modèle tout formé de l'organisme entier. Lors même qu'il y aurait des raisons de revenir à la doctrine aujourd'hui abandonnée, que le germe de chaque organisme contient l'organisme parfait en miniature, on ne saurait pourtant prétendre que chaque partie considérable de l'organisme parfait qui sort de ce germe contient une autre miniature. L'une de ces hypothèses est même la négation de l'autre. Il ne nous reste donc qu'à dire que les parties vivantes qui composent un de ces fragments ont une tendance native à s'arranger sous la forme de l'organisme auquel elles appartiennent. Nous devons conclure qu'une plante ou un animal d'une espèce quelconque se compose d'unités spéciales dans chacune desquelles réside une aptitude intrinsèque à s'agréger dans la forme de cette espèce :

c'est ainsi que dans les atomes d'un sel réside une aptitude intrinsèque à cristalliser d'une façon particulière. Il semble difficile de concevoir qu'il en puisse être ainsi; mais nous voyons qu'il en *est* ainsi. Des groupes d'unités pris dans un organisme (pourvu qu'ils soient d'un certain volume et qu'ils ne soient pas trop différenciés en structures spéciales) possèdent le pouvoir de se réarranger, ce qui nous oblige à reconnaître que la tendance à prendre la forme spécifique est inhérente à toutes les parties de l'organisme. Évidemment aussi, si nous interprétons de la sorte la reproduction d'un organisme par l'un de ses fragments amorphes, nous devons aussi expliquer la reproduction d'une partie moindre de l'organisme par le reste. Quand nous voyons qu'à la place de sa pince perdue, un homard émet au même endroit une masse cellulaire, qui, tout en augmentant de volume, prend la forme et la structure de la pince primitive, nous ne pouvons hésiter à attribuer ce résultat au jeu de forces semblables à celle qui donnent aux matériaux contenus dans une feuille de bégonia la forme d'un jeune bégonia. Dans un cas, comme dans l'autre, les molécules vitalisées qui composent les tissus, manifestent leur tendance à prendre un arrangement particulier; et il importe peu de savoir si cette tendance se manifeste dans la reproduction de la forme entière, ou dans l'achèvement de la forme quand elle a été rendue incomplète.

Pour cette propriété, il n'existe pas de nom approprié. Si nous acceptons le mot de polarité comme nom de la force par laquelle les unités organiques s'agrègent en une forme qui leur est particulière; nous pouvons appliquer ce mot à la force analogue manifestée par des unités organiques. Mais, comme nous l'avons admis plus haut, la polarité, telle qu'on la reconnaît aux atomes, n'est qu'un mot pour désigner une chose dont nous ne savons rien, le nom d'une propriété hy-

pothétique, qui a autant besoin d'explication que ce qu'on veut expliquer en s'en servant. Néanmoins, faute d'un autre mot, nous devons employer celui-ci, en ayant soin pourtant d'en restreindre le sens. Si nous nous bornons à substituer le mot polarité à l'expression compliquée, la propriété que possèdent certaines unités de s'arranger en une forme spéciale, nous pouvons, sans admettre rien de plus que ce qui est prouvé, nous servir du terme polarité organique ou polarité des unités organiques, pour signifier la cause prochaine de l'aptitude des organismes à reproduire les parties qu'ils ont perdues.

§ 66. Comme nous aurons plus tard de fréquentes occasions de reparler de ces unités qui possèdent la propriété de s'arranger pour former les structures spéciales des organismes auxquels elles appartiennent, il est bon de se demander ce qu'elles sont et de quel nom nous pouvons les appeler.

D'un côté il n'est pas possible que ce soit dans les composés chimiques immédiats qui entrent dans la constitution des corps organiques, que réside cette polarité spécifique. Il ne se peut que les atomes d'albumine, de fibrine ou de gélatine, ou la substance protéique hypothétique, possède le pouvoir de s'agréger pour réaliser des formes spécifiques; car, alors, il n'y aurait rien qui expliquât la dissemblance des divers organismes. Des millions d'espèces de plantes et d'animaux plus ou moins nettement distingués les uns des autres par leur structure, sont tous principalement composés de ces atomes complexes. Mais si la polarité de ces atomes déterminait les formes des organismes qu'ils composent, la variété infinie des formes serait inexplicable. En conséquence, les corps que nous pouvons appeler les *unités chi-*

miques ne sont évidemment pas en possession de cette propriété.

D'un autre côté, cette propriété ne saurait résider dans ce qu'on pourrait appeler en gros *unités morphologiques*. Le germe de tout organisme est une cellule microscopique. C'est par multiplication de cellules que tous les changements qui constituent le développement sont effectués. Les divers tissus qui naissent successivement tandis que l'organisme se développe, sont primitivement composés de cellules; et dans beaucoup d'entre eux la formation de cellules continue toute la durée de la vie à être l'opération par laquelle la réparation s'effectue. Mais bien que les cellules soient d'une manière si générale les derniers éléments visibles des organismes, qu'il y ait quelque apparence de raison à les appeler unités morphologiques, comme elles ne se retrouvent pas partout, nous ne saurions dire que la tendance à s'agréger en formes spécifiées réside en elle. Nous trouvons en effet que, dans bien des cas, un tissu fibreux prend naissance dans un blastème sans structure, sans qu'il y ait formation de cellules. Il y a des êtres, tels que les rhizopodes, qui ne sont pas formés de cellules et qui néanmoins manifestent une activité vitale, et perpétuent dans leur descendance certaines distinctions spécifiques. Il nous est donc interdit d'attribuer aux cellules la propriété spéciale d'arrangement dont nous parlons. Alors même que l'on retrouverait des cellules partout, cette hypothèse ne serait pas plus admissible, puisque la formation d'une cellule est, en quelque sorte, une manifestation de cette propriété.

Si donc cette polarité organique ne saurait être possédée par les unités chimiques, ni par les unités morphologiques, nous devons croire qu'elle est possédée par certaines unités intermédiaires que nous appellerions *physiologiques*. Il

semble qu'il n'y ait pas d'autre alternative que d'admettre que les unités chimiques se combinent pour former des unités immensément plus complexes qu'elles-mêmes, tout complexes qu'elles soient, et que, dans chaque organisme, les unités physiologiques produites par cette combinaison d'atomes d'une composition avancée, ont un caractère plus ou moins distinctif. Nous devons couclure que dans chaque cas, une légère différence de composition dans ces unités amenant une légère différence dans le jeu réciproque de leurs forces, produit une différence dans la forme que prend alors leur agrégat.

Les faits contenus dans ce chapitre ne forment qu'une faible partie des preuves que nous impose cette conclusion. Nous trouverons par la suite diverses raisons de conclure à l'existence de ces unités physiologiques, et d'attribuer à leurs propriétés spécifiques, plus ou moins différentes dans chaque plante et chaque animal, les divers phénomènes organiques.

CHAPITRE V

ADAPTATION.

§ 67. Comme dans les plantes l'usure et la réparation n'est guère appréciable, il n'y a guère lieu à des changements appréciables dans les proportions des parties déjà formées. Les seules différences tendant à dévier du type de structure d'une espèce, que nous puissions attendre dans certaines conditions données, sont celles que peuvent produire l'action de ces conditions sur des parties dans le cours de leur formation; ce sont en effet celles que nous trouvons. Nous savons qu'un arbre qui pousse seul dans un lieu découvert a un tronc court et épais, et au contraire un tronc mince et élancé quand il pousse dans un bois, et que ses branches prennent alors une inclinaison différente. Nous savons que les pousses de la pomme de terre qui, en arrivant à la lumière, se développent en rameaux foliacés, poussent en l'absence de la lumière des jets d'une longueur de plusieurs pieds sans feuilles. Toutes les plantes élevées *dans les serres* nous fournissent la preuve que les rameaux et les feuilles en se tournant habituellement vers la lumière réalisent une certaine adaptation, due, nous pouvons le supposer, aux effets spéciaux de conditions spéciales sur des parties en voie de crois-

sance. Toutefois, chez les animaux; outre des changements analogues de structure opérés durant la période de croissance, parce qu'ils se sont trouvés soumis à des circonstances différentes des circonstances ordinaires, il existe des changements de structure opérés après la maturité. Les organes arrivés à leur plein développement possèdent une certaine altérabilité; de sorte que l'organisme dans sa totalité conserve assez bien le même volume, alors que les proportions de ses parties ont considérablement varié. Les variations dont nous allons parler sous le nom d'adaptation sont celles qui dépendent de conditions spéciales de l'action de l'individu. Nous avons vu dans le dernier chapitre que les actions des organismes provoquent des réactions sur ces organismes et que les conditions spéciales d'action provoquent des particularités spéciales de réaction. Il reste à faire voir que les actions et réactions spéciales ne finissent pas en des changements temporaires, mais qu'elles en effectuent de permanents.

Si, dans un animal adulte, l'usure et la réparation dans toutes les parties se trouvait exactement balancée, si chaque organe gagnait journellement par la nutrition autant qu'il perd journellement par l'accomplissement de la fonction, si les excès de fonction n'étaient suivis que par des excès de nutrition capables de contre-balancer un excès d'usure, il est clair qu'il ne se produirait aucun changement dans le volume relatif des organes. Mais cette exacte balance n'existe pas. Si l'excès de fonction, et l'excès d'usure qui en est la conséquence, est modéré, il n'est pas simplement compensé par la réparation, mais plus que compensé; il y a un certain accroissement de volume. Cela est vrai jusqu'à un certain point de l'organisme dans son ensemble, quand l'organisme est construit pour l'activité. Une usure considérable

donnant une faculté considérable d'assimilation, est plus favorable à l'accumulation de tissus, que n'est le repos avec son assimilation relativement faible : d'où résulte une certaine adaptation de l'organisme en son entier à ses conditions. Mais ce principe est plus spécialement vrai des parties d'un organisme, les unes par rapport aux autres. Nous en avons bien des exemples. Tout le monde sait, pour l'avoir observé, que les muscles soumis à un travail plus qu'ordinaire augmentent de volume. Le bras du forgeron, si souvent cité, les jambes du danseur, les muscles adducteurs du jockey, nous offrent des exemples frappants d'une altérabilité dont presque tout le monde a pu faire l'expérience. Il est inutile de multiplier les preuves. La production de changement dans la structure de la peau, quand la peau est exposée à l'effort d'une fonction, est un fait bien connu. Il est certain que l'épaississement de l'épiderme de la paume des mains d'un ouvrier résulte d'une pression et d'un frottement continus. Les personnes qui n'avaient pas encore fait œuvre de leurs mains, trouvent qu'à ramer, la peau des mains ne tarde pas à subir un épaississement analogue. Cette relation de cause et d'effet se montre encore mieux dans les indurations prononcées qui se forment au bout des doigts du violoniste. Dans une membrane muqueuse même, qui d'ordinaire n'est point soumise à des forces mécaniques de quelque intensité, de semblables modifications sont possibles, témoin les callosités des gencives qui se forment chez les personnes qui ont perdu leurs dents, et sont obligées de mâcher sans dents. Le développement de l'organisme nous offre un bon exemple de l'accroissement de croissance qui suit l'accroissement de fonction. Lorsqu'en conséquence de quelque obstruction de la circulation, le cœur est obligé de déployer une plus grande force de contraction sur la

masse du sang qu'il projette, à chaque pulsation, dans les artères, et qu'il en résulte l'action pénible connue sous le nom de palpitation, il s'y fait d'ordinaire une dilatation, ou une hypertrophie, ou les deux ensemble : une dilatation, c'est-à-dire une défaite de la structure du cœur par l'accroissement de la pression, défaite qui suppose un défaut dans la résistance qu'elle doit opposer à un cas imprévu; l'hypertrophie, au contraire, qui consiste en un épaississement des parois musculaires du cœur, est une adaptation du cœur aux efforts désormais nécessaires. En outre, quand un anévrysme d'une artère considérable a été oblitéré, soit d'une manière artificielle, soit par quelque inflammation, et que cette artère a cessé d'offrir un canal au sang; certaines artères adjacentes unies à la première par des anastomoses, s'élargissent de manière à porter aux parties desservies la quantité de sang nécessaire. Quoique nous n'ayons aucune preuve directe de modifications analogues dans les parties de l'appareil de l'innervation, nous en avons pourtant une preuve indirecte dans l'efficacité plus grande qui suit la plus grande activité. Cette efficacité se révèle pareillement dans les sens et dans l'intelligence. On peut donner par éducation une extrême sensibilité au palais, comme le font par exemple les dégustateurs de profession. Un chef d'orchestre acquiert, par une pratique continuelle, une habileté plus qu'ordinaire à distinguer les différences de son. L'aveugle qui lit avec le bout des doigts nous est une preuve que le sens du tact peut recevoir de l'exercice des aptitudes bien supérieures à ses aptitudes ordinaires. Nous n'avons pas besoin de fournir des exemples de l'accroissement de puissance que l'exercice habituel donne aux facultés mentales : chaque personne instruite en a une expérience personnelle. Même des appareils osseux nous pouvons tirer des preuves. Les os des hommes

accoutumés à une forte action musculaire sont plus massifs, et ont des saillies d'insertion musculaire plus fortement accusées que les os des hommes qui mènent une vie sédentaire; on remarque un contraste analogue entre les os des animaux sauvages et ceux des animaux domestiques de la même espèce. Des adaptations d'un autre ordre où il y a une modification qualitative, plutôt qu'une quantitative, se produisent à la suite de certains accidents auxquels le squelette est exposé. Après une luxation de la hanche, trop ancienne pour qu'il soit possible de rétablir les parties dans leur position normale, la tête du fémur, enchâssée dans les muscles qui l'entourent, se fixe dans sa nouvelle position par des liens de tissu fibreux, qui offrent un appui suffisant pour permettre la marche. Mais la modification la plus remarquable de ce genre s'observe dans les fractures non consolidées. Il se forme alors souvent de *fausses articulations*, jointures qui simulent grossièrement des charnières ou des articulations condyliennes, selon que les muscles tendent à produire un mouvement de flexion et d'extension, ou un mouvement de rotation. Dans le premier cas, suivant Rokitanski, les deux bouts d'un os fracturé deviennent lisses, et se couvrent de périoste et de tissu fibreux; ils s'unissent par des ligaments qui permettent des mouvements en avant et en arrière d'une certaine étendue. Dans l'autre les bouts pareillement coiffés de membranes appropriées prennent l'un la forme convexe et l'autre la forme concave, se renferment dans une capsule, et il ne leur manque pas même le fluide synovial.

Au principe général que l'excès de fonction est suivi d'un excès de croissance, il faut ajouter pour le compléter un principe également général, qu'au delà d'une limite, d'ordinaire bientôt atteinte, il se produit très-peu de modification,

si toutefois il s'en produit. Les expériences d'où nous tirons la première induction nous imposent la seconde. Il arrive un moment où le boxeur ni l'athlète ne deviennent plus forts par l'exercice. Le gymnaste adulte acquiert à la fin le pouvoir de faire certains tours difficiles ; mais nulle pratique nouvelle ne lui permettra de faire certains autres tours plus difficiles. Des années d'étude ont donné au chanteur un volume et une étendue de voix, au delà desquels il n'est ni étude, ni travail qui puisse donner à sa voix plus de volume ou d'étendue : au contraire, l'accroissement de l'exercice vocal, causant une usure qui dépasse la réparation, est souvent suivi par une décroissance de la puissance du chanteur. Dans les perceptions, nous observons des limites semblables. La culture qui porte la susceptibilité d'une oreille jusqu'à lui faire percevoir les intervalles et les harmonies des notes, ne fera pas d'une mauvaise oreille une bonne. Des efforts de toute la vie ne réussissent pas à faire de tel artiste un dessinateur exact, ou de tel autre un bon coloriste; chacun fait mieux ce qu'il faisait d'abord, mais aucun n'arrive à posséder le talent acquis par l'autre artiste. Cette vérité ne se vérifie pas moins dans les facultés mentales plus complexes. Chaque homme a un talent de mathématicien, de poète, d'orateur, qu'une éducation spéciale développe dans une certaine étendue. Mais, s'il n'est pas doué de talents extraordinaires dans l'une de ces parties, il n'y a pas d'éducation, si étendue qu'elle soit, qui en fasse un mathématicien de premier ordre, un poète ou un orateur de premier ordre. Il semble donc qu'en général, si dans chaque individu les variations de fonction peuvent causer certains changements dans la proportion des parties, la constitution congéniale de l'individu pose une limite à l'altérabilité de chaque partie. Ce n'est pas seulement de l'individu que ce principe

est vrai, il l'est aussi de l'espèce, en un sens. Laissant en suspens la question de savoir si dans un temps indéfini des modifications indéfinies ne pourraient pas se produire; l'expérience prouve que, dans des espaces de temps donnés, les changements opérés chez les races d'organismes, par les changements de condition, restent confinés dans d'étroites limites. Nous voyons par exemple que si une variété de chevaux a pu, grâce à l'entraînement, aidé par la sélection de l'élevage, accroître sa puissance de locomotion bien au-dessus de celle des autres variétés, on ne saurait pousser cette amélioration au delà de cette limite, si l'on y parvient, que d'une quantité insignifiante. Les espèces différentes de chiens dans lesquelles on a fixé différentes formes de talents, ne montrent pas d'aptitude à s'éloigner beaucoup les unes des autres dans le même sens. Chez les animaux domestiques, en général, certaines conquêtes intellectuelles sont le produit de la culture, mais au delà celles que l'on peut faire encore sont imperceptibles. Il semble que dans chaque espèce d'organismes il y ait une marge pour des oscillations fonctionnelles des deux côtés d'un état moyen, et par suite une marge pour des variations de structure; en sorte qu'il est possible de pousser des changements dans la fonction et dans la structure jusqu'à l'extrême limite de cette marge dans un sens quelconque, aussi bien dans l'individu que dans la race; mais que ce n'est que par une opération relativement lente que l'on pousse ces changements plus loin dans une direction quelconque, et de manière à changer l'organisme au point de porter son état moyen à la limite extrême de la marge dans cette même direction (1).

Remarquons également que l'accroissement limité de

(1) Ici, comme en maints autres endroits de ce chapitre, j'ai dû pour obéir aux exigences du sujet, admettre par anticipation des conclusions que nous ne

volume produit dans un organe par un accroissement limité de ses fonctions, ne se maintient pas, à moins que l'accroissement de fonction ne soit permanent. Un homme ou un autre animal, à l'âge de maturité, amené par les circonstances à exercer certains membres à un point inusité, et qui a acquis pour ces membres un volume et une puissance supérieurs, commence à perdre ce volume et cette puissance supérieurs quand il cesse de les exercer, et finit par revenir à un point plus ou moins rapproché de l'état originel. Les jambes qui avaient été fortifiées par un voyage à pied, redeviennent faibles par un retour prolongé à la vie sédentaire. Le talent de faire des tours d'adresse, acquis par le travail, disparaît à la longue si l'on cesse de les exécuter. Tout le monde reconnaît qu'il suffit pour s'exposer à échouer dans l'exécution d'un morceau de musique, d'une partie d'échecs, ou de tout autre exercice qui exige une culture spéciale, de cesser de les pratiquer. On peut observer aussi que l'on perd d'autant plus rapidement et plus complétement un talent artificiel, qu'on a mis moins de temps et de travail à l'acquérir. Quand on a, pendant plusieurs années, persévéré dans des habitudes qui obligent à exercer des muscles spéciaux ou des facultés spéciales de l'esprit, on conserve le talent acquis à un degré très-considérable, même après qu'on a pendant longtemps cessé de l'employer ; mais quand on n'a persévéré dans ses habitudes que peu de temps, il n'est guère facile de les reprendre quand on les a négligées pendant un temps aussi long. Dans ce cas aussi, comme nous l'avons vu dans d'autres, les successions d'organismes présentent un fait analogue. Une espèce dans laquelle la domestication

trouverons que dans le chapitre suivant, à savoir que des modifications de structure, produites par des modifications de fonction, se transmettent aux descendants.

continuée durant de nombreuses générations, a fait passer certaines particularités à l'état organique, et qui, ensuite, échappant à la vie domestique, revient à peu près à ses habitudes primitives, perd bientôt, en grande partie, ces particularités. Sans doute, il n'est pas vrai, comme on l'a prétendu, qu'elle reprenne complétement la structure qu'elle possédait avant la domestication, mais elle s'en rapproche. Le dingo, ou chien sauvage d'Australie, en est un exemple, et le cheval sauvage de l'Amérique du Sud en est un autre. L'espèce humaine nous en offre aussi. Dans les solitudes de l'Australie, ainsi que dans les forêts de l'ouest de l'Amérique, la race Anglo-Saxonne, où notre civilisation a développé à un haut degré les sentiments élevés, déchoit rapidement vers une barbarie relative : elle adopte le code moral et quelquefois les habitudes des sauvages.

§ 68. Il importe d'obtenir, s'il est possible, une explication rationnelle de ces principes généraux, surtout des deux derniers. Une interprétation exacte de ces lois de modification organique est la base d'une interprétation exacte de la grande question des espèces. Si, comme je l'ai déjà indiqué (§ 40), l'action de la structure sur la fonction est un des facteurs de l'opération de différenciation par laquelle se produisent des formes dissemblables de plantes et d'animaux, la réaction de la fonction sur la structure en est un autre. Aussi vaut-il la peine de rechercher jusqu'à quel point on peut interpréter déductivement ces inductions.

La première est la plus difficile à expliquer. Pourquoi un organe exercé un peu au delà de ses besoins se met-il à croître, et se trouve-t-il en état d'opposer à un accroissement de demande un accroissement d'offre? Nous ne le voyons pas du premier coup. Nous savons, il est vrai (*Premiers prin-*

cipes § 85, 173), que, nécessairement, les changements rhythmiques produits par des actions antagonistes ne sauraient être portés à l'excès dans une direction sans qu'il se produise un excès équivalent dans la direction opposée. C'est un corollaire de la persistance de la force que nulle déviation effectuée par une cause perturbatrice, agissant sur quelque membre d'un système en équilibre mobile, doit (à moins qu'elle ne détruise complétement l'équilibre mobile) être suivie d'une déviation compensatrice. Par suite, il faut s'attendre à ce qu'un excès de réparation succède à un excès d'usure. Mais comment se fait-il que l'état moyen de l'organe vienne à être changé? Si un excès d'usure quotidien donne lieu naturellement à un excès de réparation quotidien, l'état moyen de l'organe doit demeurer constant. Comment donc se fait-il que l'organe augmente de volume et de puissance?

La réponse à cette question que nous pouvons espérer de trouver, doit être cherchée dans les effets opérés dans l'organisme considéré comme un tout, par la fonction accrue d'une de ses parties. En effet, puisque nulle partie ne peut s'acquitter de sa fonction qu'à la condition que les diverses autres fonctions, dont la sienne dépend immédiatement, soient aussi remplies, il s'ensuit qu'un excès dans cette fonction suppose d'avance un excès dans les autres fonctions. Un travail additionnel imposé à un muscle implique un travail additionnel imposé aux artères qui le fournissent de sang, et un travail additionnel en proportion plus faible, imposé aux artères d'où ces artères viennent. Pareillement les veines, petites et grandes, qui en emmènent le sang, aussi bien que les lymphatiques qui en emportent les matériaux usés, doivent aussi avoir bien plus à faire. Ce n'est pas tout, un service supplémentaire incombera aux centres nerveux qui excitent le muscle. Mais l'excès d'usure imposera un excès de répara-

tion dans ces parties aussi bien que dans le muscle. Les dispositions diverses qui effectuent la nutrition et l'excitation d'un organe doivent aussi subir l'influence de ce rhythme d'action et de réaction ; et, par conséquent, après avoir perdu plus qu'à l'ordinaire par l'opération destructive, ils doivent gagner plus qu'à l'ordinaire par l'opération constructive. Mais la puissance temporairement augmentée de ces dispositions qui servent à amener à un organe le sang et la force nerveuse, causera un excès d'assimilation dans l'organe, dépassant ce qui est nécessaire pour compenser l'excès de dépense. Considérant la fonction comme constituant un équilibre mobile, nous pouvons dire que lorsqu'une fonction dévie de la direction de l'accroissement, elle fait que les fonctions avec lesquelles elle est liée dévient dans la même direction; que celles-ci font à leur tour dévier dans la même direction les fonctions auxquelles elles sont liées, et que ces déviations de fonctions reliées ensemble permettent à la fonction spécialement affectée d'aller plus loin dans cette direction qu'elle ne pourrait sans cela, plus loin que la force perturbatrice ne pourrait la porter, si elle reposait sur une base fixe.

Il faut reconnaître que cette explication n'est qu'une interprétation vague. Quand il s'agit d'actions aussi compliquées que celles-ci, nous ne pouvons guère attendre mieux qu'une vision obscure de l'harmonie qui les rattache aux premiers principes. Toutefois, on est en droit d'interpréter les faits de la sorte, quand on voit qu'une distribution en excès de sang continue quelque temps de se faire à l'organe qui a été soumis à un exercice insolite, et que, lorsqu'un exercice insolite continue longtemps, il se forme en conséquence un accroissement de vascularité.

§ 69. C'est dans le sens où nous avons trouvé réponse à

la question précédente, qu'il faut chercher réponse aux questions : pourquoi les modifications adaptatives dans un individu atteignent-elles bientôt leur limite? Pourquoi chez les descendants de cet individu, cette limite ne peut-elle être reculée que très-lentement? Ici nous trouvons la relation de cause et de conséquence bien plus manifeste.

Puisque la fonction d'un organe dépend des fonctions des organes qui lui fournissent matériaux et forces; et puisque les fonctions de ces organes auxiliaires dépendent des fonctions d'organes qui leur fournissent à eux-mêmes matériaux et forces, il en résulte qu'avant qu'aucun organe soumis à un exercice spécial puisse gagner une puissance plus grande de s'acquitter de sa fonction, il faut que la série des organes immédiatement à son service ait gagné une puissance immédiatement plus grande, et qu'il en soit de même pour une série secondaire d'organes immédiatement à son service. Ainsi, des modifications nombreuses et largement étendues sont nécessaires. Avant que l'artère qui nourrit un muscle surmené puisse fournir d'une manière permanente une plus grande quantité de sang, il faut qu'elle augmente de diamètre et de puissance contractile; pour que l'accroissement de son diamètre et de sa puissance contractile soit de quelque utilité, il faut que l'artère principale dont elle se détache, soit modifiée assez pour porter cette quantité additionnelle de sang à son rameau artériel. De même pour les veines; de même pour les lymphatiques; de même pour les nerfs. Lorsque nous demandons ce que signifient ces changements auxiliaires, nous sommes forcés de conclure qu'il doit y avoir un groupe analogue de changements plus nombreux qui se ramifient dans toute l'étendue de l'organisme. La puissance des artères directement et indirectement en question ne peut se faire jusqu'à un certain point sans

qu'il y ait croissance des vaisseaux sanguins moindres dont leur nutrition dépend ; et l'accroissement de leur puissance contractile implique l'agrandissement des nerfs qui les excitent, et des modifications de cette partie de la moelle épinière d'où les nerfs se détachent. Ainsi, sans remonter aux altérations également éloignées, qu'impliquent une croissance en excès des veines, des lymphatiques et d'autres organes, il est évident qu'il doit se faire à l'intérieur de l'organisme une grande quantité de reconstruction, avant qu'un organe de quelque importance soit en état de s'accroître d'une manière permanente en volume et en pouvoir, dans une grande mesure. Par suite, quoiqu'un développement en excès dans une partie quelconque, qui ne nécessite pas des changements considérables dans le reste de l'organisme, puisse se faire rapidement, un développement nouveau dans cette partie, exigeant une reconstruction de parties nombreuses soumises seulement à une influence lointaine et légère, ne peut se faire que lentement.

Nous avons déjà remarqué que l'étude des opérations sociales qui présentent de l'analogie avec les opérations vitales, jetait de la lumière sur celles-ci. Dans les sociétés il y a une dépendance mutuelle de fonctions, essentiellement semblable à celle qui existe dans les organismes ; il y a aussi une réaction essentiellement semblable des fonctions sur les structures. Nous pouvons donc espérer que les lois des modifications adaptatives des sociétés nous fourniront la clef des lois des modifications adaptatives des organismes. Supposons donc qu'une société est arrivée à un état d'équilibre semblable à celui d'un animal adulte, non pas un état comme le nôtre, où la croissance et le développement des structures marchent rapidement, mais un état d'équilibre établi entre les pouvoirs fonctionnels des diverses classes de

corps industriels, où il existe en conséquence une relation fixe entre l'étendue de ces classes et de ces corps. De plus supposons que dans une société ainsi équilibrée, survienne un événement qui provoque une demande insolite de vaisseaux (supposons-les construits en fer), comme conséquence de ce que, chez une nation commerçante rivale, la famine ou une épidémie a sévi cruellement. Le résultat immédiat de cette demande additionnelle de navires de fer, c'est l'emploi d'un plus grand nombre d'ouvriers; et l'achat d'une plus grande quantité de fer par les constructeurs des navires; si la demande continue, les constructeurs trouvent leurs établissements et leur outillage insuffisant; ils les agrandissent. Si la demande exceptionnelle persiste, l'élévation des intérêts et des salaires jette dans les affaires un tel excès de capital et de travail, qu'on sent le besoin de créer de nouveaux établissements de construction. Mais un tel excès de capital et de travail ne se forme pas rapidement; puisque dans une communauté équilibrée, où la population et la richesse n'augmentent pas, il faut prendre le capital et le travail à d'autres industries, où ils donnent déjà les profits ordinaires. Allons plus loin. Supposons que cette industrie de construction de navires en fer, augmentée autant que le capital et le travail disponibles le permettent, reste encore inférieure à la demande; qu'est-ce qui s'oppose à ce qu'elle se développe immédiatement davantage? Le manque de fer. Par hypothèse, l'industrie qui produit le fer, comme toutes les autres industries de la communauté, fournit seulement autant de fer qu'il en faut pour les industries auxquelles le fer est nécessaire : la construction des navires en est une. Si donc la construction des navires fait une demande de fer en excès, le premier effet de cette demande sera de retirer une

partie du fer habituellement consommé pour d'autres buts, et d'élever le prix du fer. Alors les fabricants de fer s'aperçoivent des changements et voient leur stock diminuer. Mais comme la quantité de fer nécessaire à la construction des navires ne forme qu'une très-petite portion de la quantité totale nécessaire à toutes les industries, la demande en excès que les fabricants de fer seront obligés de faire n'aura pas les mêmes proportions que la demande en excès des constructeurs de navires. D'où il résulte qu'il y aura bien moins de tendance à un accroissement immédiat de l'industrie de la fabrication du fer. Pendant quelque temps on obtiendra l'excédant demandé au moyen d'un excédant d'heures de travail. Néanmoins si à mesure qu'on peut fournir de la sorte une plus grande quantité de fer, l'industrie des constructeurs de navires grandit encore; si, en conséquence, les fabricants de fer reçoivent une demande augmentant d'une façon permanente, et font de plus grands profits par où ils tirent un plus grand intérêt de leur capital, aussi bien que de quoi payer des salaires plus élevés; il finira par se faire aux dépens des autres industries une soustraction de capital et de travail, qui iront agrandir l'industrie de la production du fer : on construira de nouveaux hauts-fourneaux, de nouveaux laminoirs, de nouvelles habitations pour les ouvriers. Mais, évidemment, l'inertie du capital et du travail qu'il faut surmonter avant que l'industrie productrice du fer puisse grandir par la décroissance d'autres industries, ne lui permettra de grandir que longtemps après que l'industrie de la construction des navires l'aura demandé; en attendant, le développement de l'industrie de la construction des navires restera forcément limité, faute de fer. Si nous faisons un pas de plus, nous rencontrons une limite de même nature, mais plus éloignée, une résistance qui ne

saurait être surmontée qu'après un temps beaucoup plus long. En effet, la fabrication du fer dépend de la production de charbon. Or, jusqu'ici la production de charbon était en équilibre avec la consommation; et la consommation de charbon pour la fabrication du fer n'est qu'une faible partie de la consommation totale. Il s'ensuit qu'une extension considérable de la fabrication du fer, quand à la longue elle s'est établie, n'amènera qu'une nouvelle demande relativement faible aux propriétaires du charbon et à l'industrie des mines, demande qui ne suffira pas longtemps à causer une extension du commerce des charbons par une soustraction de capital et de travail aux dépens d'autres industries. Jusqu'à ce que le surplus permanent des demandes de charbon soit devenu assez grand pour tirer d'autres industries assez de capital et de travail pour qu'on puisse creuser de nouvelles mines, l'accroissement de la production du fer devra demeurer restreinte par la rareté du charbon, et la multiplication des chantiers de constructions et des constructeurs de navires sera arrêtée faute de fer. Ainsi, dans une communauté arrivée à l'état d'équilibre mobile, une industrie directement affectée par une demande supplémentaire peut bien recevoir rapidement un excès de croissance; mais pour que la croissance dépasse ce point, il faudrait, comme cela arrive, établir de nouvelles industries au service de la première (celles-ci moins directement et moins complétement affectées), aussi bien que détruire d'autres industries, ce qui ne saurait se faire qu'avec une lenteur relative. Un développement ultérieur, nécessitant des modifications de structure affectées d'une façon plus indirecte, doit s'opérer encore plus lentement.

Éclairés par cette analogie, nous comprenons mieux le principe d'après lequel un membre important d'un orga-

nisme animal ne saurait s'agrandir beaucoup sans occasionner une réorganisation générale. Outre la construction de groupes primaires, secondaires, tertiaires, de parties concourant à l'entretien de ce membre, il faut qu'il se fasse une destruction de plusieurs parties qui n'y concourent pas. Car il ne faut pas oublier que dans un animal arrivé à l'âge de maturité, c'est-à-dire en qui l'équilibre s'est établi entre la dépense et l'assimilation, il ne saurait y avoir un accroissement dans la nutrition de certains organes, sans une décroissance dans la nutrition des autres; enfin, la fixation organique de l'accroissement implique la fixation organique de la décroissance, c'est-à-dire plus ou moins de changement dans les opérations et les structures de tout l'organisme. Nous découvrons même dans ce fait une raison qui explique pourquoi les animaux à la période de croissance subissent des adaptations bien plus rapidement que les adultes. En effet, tant qu'il y a un excès de nutrition, il est possible que des parties exercées d'une manière spéciale s'agrandissent d'une manière spéciale, sans que d'autres aient à subir une soustraction. Il suffit qu'il y ait une soustraction négative, comme celle de la diminution d'accroissement des autres parties.

§ 70. Nous pouvons même arriver à une explication de la troisième généralisation, à savoir que les organismes et les espèces d'organismes qui, sous de nouvelles conditions, ont subi des modifications adaptatives reviennent bientôt à une structure qui ressemble à la primitive, quand ils sont ramenés à leurs conditions premières. Sachant, comme nous le savons, de quelle façon un excès d'action et un excès de nutrition dans une portion quelconque de l'organisme, doivent affecter l'action et la nutrition dans les parties qui concourent

à l'entretenir, et de quelle façon ces dernières parties affectées doivent en affecter d'autres, jusqu'à ce que la réaction se soit divisée et subdivisée dans tout l'organisme, en affectant par degrés décroissants des parties de plus en plus nombreuses et de plus en plus indirectement engagées, nous reconnaissons que les changements conséquents dans les parties indirectement engagées constituant la grande masse de l'organisme, doivent être extrêmement lents. Par suite, si la nécessité de la modification adaptative cesse, avant que la grande masse de l'organisme ait été profondément altérée dans sa structure, par ces réactions ramifiées, mais très-petites, il se forme une condition dans laquelle la partie modifiée d'une manière spéciale n'est plus en équilibre avec le reste. Tous les organes affectés indirectement, n'ayant encore subi que de faibles modifications, n'étant plus soumis à l'action de la cause perturbatrice, reprendront à peu près le cours ancien de leurs actions. Les parties qui en dépendent feront peu à peu la même chose, jusqu'à ce qu'à la longue, par le renversement de l'opération adaptative, l'organe affecté en premier lieu se trouve à peu près ramené à son état primitif. Reprenons l'analogie que nous avons déjà reconnue entre un organisme et la société, ce qui nous permettra de mieux comprendre cette nécessité. Si, dans le cas que nous avons supposé, un excès de demande pour la construction de navires en fer vient à cesser, après avoir été cause de la construction de quelques chantiers nouveaux, et de la création de nouvelles fabriques de fer; l'industrie de la construction des navires reprendra vite ses anciennes proportions : les ouvriers renvoyés rechercheront d'autres occupations, et les nouveaux chantiers recevront une autre destination. Mais si le besoin de navires accru a duré assez longtemps, et est devenu assez grand pour dériver vers les

industries du fer le capital et le travail des autres industries, la baisse survenue dans la demande de navires infligerait beaucoup moins rapidement une réduction à l'industrie de la construction. En effet, le fer se trouvant alors produit en plus grande quantité, la diminution de la consommation qu'en faisait la construction de navires, causera une baisse dans les prix de cette matière, et par suite une baisse dans le prix des navires; ce qui permet aux constructeurs de faire face à la concurrence qui a été sans doute la cause de la diminution des ordres de fabrication. Comme aussi, après la construction de hauts-fourneaux et de nouveaux laminoirs, etc., avec le capital détourné des autres industries, le retour de ce capital aux mêmes industries occasionnerait de grandes pertes, les industriels métallurgistes plutôt que de l'y laisser retourner, consentiraient à un abaissement insolite d'intérêt; et continueraient à produire une plus grande quantité de fer : donc le résultat serait encore un bon marché exceptionnel des navires, et le maintien de l'industrie à des proportions qui dépassent les besoins. Mais enfin, si le nombre des vaisseaux demandés diminuait encore, la production du fer en excès cesserait de donner des profits : quelques hauts-fourneaux s'éteindraient; le capital et le travail disponibles se redistribueraient à d'autres occupations. Sans reprendre l'enchaînement des effets pas à pas, on comprendra clairement que, si l'industrie de la construction de navires s'était assez agrandie, et avait assez duré pour amener l'augmentation du nombre des puits houillers, elle serait plus en état de lutter contre les circonstances adverses, mais elle finirait, bien qu'après un temps plus long, par rentrer dans les proportions marquées par les besoins. Ainsi nos conclusions sont : premièrement, que si l'activité et la croissance en excès d'une industrie particulière ont duré assez longtemps

pour faire prendre une nouvelle forme aux industries affectées directement, cette industrie retombera après quelque temps si le besoin qui l'avait fait naître, disparaît; secondement, qu'il faut un temps énorme avant que les réactions produites par une industrie agrandie puissent causer une reconstruction de la société entière, et avant que les innombrables redistributions de capital et de travail puissent reprendre un état d'équilibre; troisièmement, que ce n'est que lorsque un nouvel état d'équilibre est constitué, que la modification adaptative peut devenir permanente. Il n'est pas besoin de montrer que ce que nous venons de dire s'applique aux organismes animaux. Le lecteur saisira tout de suite l'analogie.

On aurait déjà pu présumer d'après l'hypothèse de l'évolution que les types organiques doivent être relativement stables. Si nous admettons, comme nous le devons, d'après cette hypothèse, que la structure d'un organisme est un produit d'une série à peu près infinie d'actions et de réactions auxquelles les organismes ancêtres ont été soumis, nous verrons que les actions et réactions dont un individu est le théâtre, ne sauraient avoir qu'une influence infinitésimale dans l'œuvre de produire un changement permanent de structure de l'organisme considéré dans sa totalité. Le nouveau système de forces, combiné avec tous les systèmes antécédents, ne saurait que d'une façon appréciable modifier cet équilibre mobile de fonctions que tous ces systèmes antécédents de forces ont établi. Bien qu'il puisse se produire en conséquence une perturbation considérable de certaines fonctions, qui les éloigne beaucoup du rhythme ordinaire, néanmoins le centre général d'équilibre ne saurait être sensiblement changé. Dès que la cause perturbatrice sera écartée, l'équilibre antérieur sera bientôt restauré : l'effet des nouvelles

forces sera bientôt effacé par l'énorme agrégat de forces qui s'exprime par l'équilibre antérieur.

§ 71. Ainsi compris, le phénomène de l'adaptation s'accorde avec les premiers principes. La conclusion que les types organiques sont fixes, parce que les écarts qui ont pu se produire durant des périodes assignables, sont relativement faibles, et parce que lorsque la force qui a produit l'écart vient à cesser, l'organisme revient peu à peu à l'état primitif, cette conclusion se trouve infirmée. Sans admettre la fixité des espèces, nous avons de bonnes raisons pour admettre le genre et le degré de stabilité qu'on observe. Nous trouvons des motifs de conclure *à priori* qu'un changement adaptatif de structure ne tardera pas à rencontrer un point au delà duquel une nouvelle adaptation ne saurait plus se faire que lentement; que lorsque la cause modificatrice n'a agi que peu de temps, la modification engendrée sera fugace; que lors même qu'une cause modificatrice aurait agi durant plusieurs générations, elle ne contribue que faiblement à altérer d'une façon permanente l'équilibre organique d'une race; enfin qu'après la cessation de cette cause, ses effets n'auront besoin pour s'effacer que de quelques générations.

CHAPITRE VI

INDIVIDUALITÉ

§ 72. Qu'est-ce qu'un individu? Question à laquelle beaucoup de lecteurs croiront facile de répondre. Cependant c'en est une qui a soulevé beaucoup de disputes parmi les zoologistes et les botanistes; et il ne semble pas possible d'y faire une réponse entièrement satisfaisante. Appliqué à l'homme, ou a tout autre animal des ordres supérieurs, qui sont nettement définis et indépendants, ce mot individu a un sens clair. Même alors, pourtant, si nous laissons les cas ordinaires pour considérer les exceptionnels, par exemple, un veau à deux têtes et à deux paires de membres antérieurs, nous sommes dans le doute, et nous ne savons si nous avons affaire à une individualité ou à deux. Mais, quand nous étendons notre observation sur le monde organique en général, nous trouvons que les difficultés soulevées par ce fait exceptionnel se rencontrent partout sous toutes les formes.

Toute plante uniaxiale peut être considérée comme un individu distinct, bien qu'il y ait des botanistes qui ne l'admettent pas. Mais que dire d'une plante multiaxiale? Sans doute on a l'habitude de dire qu'un arbre avec ses branches

et ses rameaux est un seul individu; mais on peut donner de fortes raisons pour le considérer comme formé de plusieurs individus. Chacun de ses axes a une vie plus ou moins indépendante, et, après qu'il a été coupé et planté, il peut grandir à l'image de l'arbre-parent. Par la greffe des parties de cet arbre peuvent se développer sur un autre arbre, et montrer alors ses particularités spécifiques. Devons-nous regarder tous ces axes qui grandissent en se développant sur une bouture, une greffe, un écusson, comme des parties d'un individu ou comme des individus distincts? Quand nous voyons le fraisier pousser des rejetons portant des bourgeons à leur extrémité, qui prennent racine, et se développent pour former une plante indépendante, laquelle se sépare de la plante-mère par la dessiccation des rejetons, ne devons-nous pas dire que ces plantes nouvelles possèdent une individualité séparée; et pourtant, si nous le disons, ne serons-nous pas embarrassés pour dire quand leur individualité séparée s'est établie, à moins que nous n'admettions que chaque bourgeon a été dès l'origine un individu? « On a beaucoup écrit, dit Schleiden à propos de ces difficultés, on a beaucoup disputé sur l'idée d'individu, sans toutefois éclaircir le sujet, surtout à cause de la fausse idée qu'on se fait encore de l'origine de cette idée. Or l'individu n'est pas une idée, mais la pure compréhension subjective d'un objet actuel qui nous est présenté d'après quelque idée spécifique donnée, et de ceci seul dépend que l'objet soit ou ne soit pas un individu. D'après l'idée spécifique de système solaire, notre système est un individu; d'après l'idée spécifique d'un corps planétaire, c'est un agrégat de plusieurs individus. » ... « Je crois cependant, qu'à considérer les faits indubitables déjà mentionnés, et les relations traitées dans le cours de ces considérations, il semblera plus avantageux

et plus utile, à un point de vue scientifique, de considérer la cellule végétale comme le type général de la plante (plante simple de premier ordre). Dans cette idée, le protococcus et d'autres plantes composées seulement d'une seule cellule, la spore, le granule de pollen, sembleront des individus. Toutefois, ces individus peuvent, par une renonciation partielle à leur indépendance individuelle, se combiner d'après des lois définies sous des formes définies (à peu près comme des animaux individuels le font dans le globe du *volvox globator* (1). Ceux-ci, à leur tour, se montrent empiriquement, comme individus, en relation avec une idée d'une espèce (plantes simples du second ordre) dérivée de la forme de la connexion normale des individus élémentaires. Mais nous ne saurions nous arrêter ici, puisque la nature même combine ces individus, d'après une forme définie, en associations plus larges, d'où nous tirons la troisième conception de la plante, dérivée de la relation pour ainsi dire de la seconde puissance (plantes composées, plantes du troisième ordre). La plante simple, formée de la combinaison des individus élémentaires, s'appelle alors *gemme*, dans la composition des plantes du troisième ordre. »

Le règne animal présente des difficultés encore plus grandes. Lorsque, de divers points du corps d'un polype commun, de jeunes polypes bourgeonnent, qui, après avoir acquis bouche et tentacules, et formé la communication de leur estomac avec celui du polype parent, finissent par s'en séparer, nous pouvons les regarder comme des individus distincts. Mais lorsque, chez les hydrozoaires composés voisins des polypes, nous trouvons que ces jeunes polypes demeurent d'une façon permanente attachés à leur parent, et

(1) On s'accorde généralement aujourd'hui à regarder le *Volvox globator* comme une plante.

lorsque, par l'effet de ce bourgeonnement continu, il se produit une agrégation en forme d'arbre possédant un canal alimentaire commun dans lequel s'ouvre la cavité digestive de chaque polype, il n'est plus si clair que ces petits sacs pourvus d'une bouche et de tentacules puissent être considérés chacun comme des individus distincts. Nous ne pouvons nier une certaine individualité au polypier. Quand nous découvrons que certains bourgeons, au lieu de s'épanouir de la même façon que les autres, se transforment en capsules dans lesquelles des œufs se développent ; quand nous voyons que certains polypes commençants deviennent de cette façon complétement dépendants de l'agrégat pour leur nutrition, et s'acquittent de fonctions qui n'ont rien à faire avec leur propre conservation, nous tenons une preuve encore plus claire que l'individualité des membres est en partie absorbée dans l'individualité du groupe. D'autres organismes, appartenant au même ordre, nous montrent d'une façon encore plus nette cette transition de l'individualité simple à une individualité complexe. Chez les diphyes, on voit une modification d'un ou de plusieurs membres du polypier dans un appareil natatoire, qui par ses contractions rhythmiques se pousse à travers l'eau, tirant le polypier après lui. Dans les physalies plus différenciées, divers organes se forment par la métamorphose de parties qui sont les homologues de polypes individuels. Dans ce dernier fait, l'individualité de l'agrégat est tellement prédominante que l'individualité des membres est en réalité perdue. Nous rencontrons en d'autres animaux, chez les mollusques ascidiens, cette combinaison d'individus qui produit un individu composite. Tandis que chez les uns, comme la claveline, les animaux associés ne sont que faiblement subordonnés à la communauté qu'ils forment ; chez d'autres, comme les botryllidés, ils sont telle-

ment soudés en une masse arrondie qu'ils présentent l'aspect d'un animal unique avec plusieurs bouches et plusieurs estomacs.

Dans l'hypothèse de l'évolution, des difficultés de cette nature sont précisément de celles que nous pouvons prévoir. Si la vie, en général, a commencé par ces formes simples et très-petites, comme celles dont tous les organismes individuels, bien que complexes, naissent maintenant; et si la transition de ces unités primordiales à des organismes composés de groupes de ces unités, et à des organismes plus élevés formés de groupes de ces groupes, se fait par degrés, il est évident que les individualités de premier et de second ordre disparaissent peu à peu dans celles d'un ordre plus complexe et plus étendu, et celles-ci, à leur tour, dans d'autres d'un ordre, d'une étendue plus grande et d'une organisation supérieure; et qu'il serait par conséquent impossible de dire où les individualités inférieures ont cessé et où les individualités supérieures ont commencé.

§ 73. Pour vaincre ces difficultés, on a proposé de considérer le produit entier d'un germe fertilisé comme un seul individu, que ce produit soit organisé en une masse ou en plusieurs partiellement ou complétement séparées. Que le développement de germe fertilisé soit continu ou discontinu, dit-on (§ 50), cela n'a qu'une importance secondaire; on ajoute que la totalité du tissu vivant auquel le germe fertilisé donne naissance dans un cas, équivaut à la totalité à laquelle il donne naissance dans un autre cas; que nous devons reconnaître cette équivalence, soit que la totalité du tissu vivant prenne une forme concrète, soit qu'elle prenne un arrangement discret. En suivant cette idée, un individu zoologique est constitué ou bien par un animal unique, comme

un mammifère ou un oiseau, qui peut proprement prétendre au titre de *zoaire*, ou par un groupe d'animaux comme les nombreuses méduses qui se sont développées d'un même œuf et qu'on peut appeler des *zoïdes*.

Il serait désirable d'avoir des mots pour exprimer ces relations et cette équivalence, mais on pourrait encore objecter qu'il ne convient pas d'appliquer le mot individu à plusieurs corps vivants séparés; ce qui constitue une contradiction flagrante avec l'idée que ce mot suggère. Il semble qu'il y ait abus de langage à dire que les innombrables masses d'*Anacharis alsinastrum*, qui, depuis quelques années, ont pullulé dans nos rivières, nos canaux et nos étangs, sont des parties d'un seul individu; et pourtant comme cette plante ne graine pas en Angleterre, ces masses innombrables, nées par un développement discontinu, doivent être regardées comme des parties d'un seul individu, si nous acceptons la définition précédente.

On peut soutenir aussi que cette façon d'interpréter les faits, fait violence à notre manière habituelle de penser, et de plus qu'elle n'est pas exempte de difficultés, moindres peut-être que celles qu'elle fait éviter, mais qui ne laissent pas d'être considérables. Il semble qu'on ait gagné quelque chose à restreindre l'application du nom d'individu à des organismes qui, complétement développés à tous égards, possèdent la propriété de reproduire leur espèce d'après la méthode sexuelle ordinaire, et à le refuser à ces organismes incomplets qui ne possèdent pas cette propriété. Seulement la définition n'établit pas réellement cette distinction pour nous. D'une part, nous avons des cas où, comme dans l'abeille ouvrière, la totalité du produit-germe est agrégée en un organisme unique, et cependant, bien que cet organisme soit d'après la définition un individu, il n'a

pas la propriété de reproduire son espèce. D'autre part, nous avons des cas comme ceux des aphides parfaits, où l'organisme n'est qu'une partie infinitésimale du produit-germe, et qui possèdent l'organisation complète nécessaire pour la reproduction sexuelle. Ce n'est pas tout, en adoptant l'idée proposée, nous nous engageons dans une situation anormale, nous nous obligeons à dire que, parmi tant d'ordres d'animaux, il n'existe point d'individu concret. Si l'individu est constitué par la totalité du produit-germe, qu'il soit développé d'une façon continue, ou d'une façon discontinue, non-seulement il faut refuser l'individualité à chacun des aphides imparfaits, mais aussi à chacun des mâles et femelles parfaits; puisqu'aucun d'eux n'est plus qu'une très-petite fraction du produit-germe total. Et pourtant on pourrait soutenir avec quelque apparence de raison que, si la conception d'individualité implique celle d'un état complet, un organisme qui possède la propriété de se reproduire étant plus complet qu'un organisme dans lequel ce pouvoir dépend du concours d'un autre organisme, est plus individuel.

§ 74. Il n'existe donc point, comme nous l'avons fait entendre, de définition de l'individualité qui soit incontestable. Tout ce que nous pouvons faire, c'est de nous arranger pour le mieux.

Appliqué à un objet animé ou inanimé, le mot individu comporte l'union entre les parties d'un objet et la séparation d'avec d'autres objets. Cet élément fondamental dans la conception de l'individualité, il ne convient pas de le négliger quand nous faisons usage de ce mot en biologie. Ce que nous appelons un individu dans le règne végétal et dans le règne animal, doit donc être un tout concret et non discret. Mais, si nous disons que chaque tout concret vivant doit être

regardé comme un individu, nous rencontrons encore la question. Qu'est-ce qui constitue un tout concret vivant? Un jeune organisme né d'une gemmation externe ou interne d'un organisme-parent passe graduellement d'un état où il n'est qu'une partie impossible à distinguer de l'organisme-parent, à un état où il est un organisme séparé possédant une structure semblable à celle d'où il est né. A quel moment devient-il un individu? Si on ne lui accorde l'individualité que lorsqu'il se sépare complétement de l'organisme-parent, devons-nous la refuser à tous les organismes produits de la même façon, qui conservent d'une manière permanente le lien qui les attache à leur parent? ou bien encore, que faut-il dire de l'hectocotyle, qui est un bras de la seiche qui subit un développement spécial, après quoi il se détache pour vivre d'une vie indépendante pendant un laps de temps considérable? Que faut-il dire aussi de l'oursin à l'état embryonnaire, qui se meut de côté et d'autre abandonné après avoir été dépouillé de ses viscères par le jeune oursin qui s'est développé au dedans de lui?

Pour répondre à ces questions, nous devons revenir à la définition de la vie. La différence qui distingue un individu, au sens physiologique du mot, de l'individu dans l'acception plus générale, doit consister dans les manifestations de la vie proprement dite. La vie, avons-nous vu, est « la combinaison définie de changements hétérogènes à la fois simultanés et successifs, en correspondance avec des coexistences et des séquences externes. » Par suite, un individu biologique est un tout concret possédant une structure qui lui permet, lorsqu'il se trouve placé dans des conditions convenables, d'accommoder constamment ses relations internes aux externes, de manière à conserver l'équilibre de ses fonctions. Fidèles à cette idée, nous devons considérer

comme des individus toutes les masses organisées complétement ou partiellement indépendantes, qui naissent par un développement multicentral et multiaxial, soit continu, soit discontinu (§ 50). Nous devons accorder le nom d'individu à chaque aphide séparé, à chaque polype d'un polypier, à chaque bourgeon ou pousse d'un végétal phanérogame, soit qu'ils s'en détachent comme les bulbilles ou qu'ils y restent attachés comme les branches.

Par cette interprétation des faits, nous n'évitons pas assurément toutes les anomalies. Si, chez les végétaux à fleurs, la faculté de croissance et de développement indépendants n'appartient d'ordinaire qu'aux rameaux ou axes, dans certains cas, comme chez la feuille de bégonia, dont nous avons déjà parlé, des parties attenantes à un axe, ou même un petit fragment de ces parties, sont capables de servir de point de départ et de théâtre aux fonctions de la vie. Dans d'autres cas, comme M. Naudin l'a montré dans le *Drosera intermedia*, de jeunes végétaux se développent parfois à la surface des feuilles, pendant que celles-ci adhèrent encore à la plante mère. Chez les formes animales, telles que les hydrozoaires composés, la définition ne nous permet pas mieux de décider où il faut tirer la ligne de démarcation entre l'individualité du groupe et celle des membres, tant elles pénètrent l'une dans l'autre à des degrés divers. Mais, comme nous l'avons dit déjà, ces difficultés doivent se présenter nécessairement si les formes organiques sont nées par gradations insensibles. Nous devons nous contenter d'une définition qui ne nous expose qu'au plus petit nombre d'inconvénients, et cette définition est celle qui nous apprend à considérer comme un individu tout centre ou axe capable de présenter, d'une manière indépendante, l'accommodation continue de relations internes à des relations externes qui constitue la vie.

CHAPITRE VII

GENÈSE

§ 75. Sachant ce qui constitue un individu, nous sommes en état de nous occuper de la multiplication des individus. C'est pour cela que nous avons donné à ce chapitre le titre de genèse, comme le plus compréhensif, et dont la signification est le moins spécialisée. Des biologistes ont employé le mot génération pour signifier une méthode de multiplication, et celui de reproduction pour signifier une autre méthode; en sorte que chacun de ces mots se trouve en quelque sorte impropre pour signifier la multiplication en général.

Le lecteur voit déjà que la production d'organismes nouveaux se fait par des méthodes foncièrement différentes. Jusqu'à ces derniers temps, on croyait, et les naturalistes eux-mêmes l'admettaient, que toutes les méthodes différentes de multiplication que l'on pourrait observer chez les diverses espèces d'organismes, ont un caractère essentiel commun à toutes : on supposait que, dans chaque espèce, les générations successives sont semblables. Mais maintenant il a été prouvé que, dans les végétaux et de nombreux animaux, les générations successives ne sont pas semblables; que d'une génération il sort une autre dont les membres

diffèrent plus ou moins de leurs parents par la structure; que ceux-ci en produisent d'autres semblables à eux-mêmes ou à leurs parents, ou ne ressemblant ni à eux-mêmes ni à leurs parents, mais qu'à la fin la forme primitive reparaît. Au lieu d'y avoir, comme dans les cas qui nous sont les plus familiers, un retour constant de la même forme, il y a un retour cyclique de la même forme. Ces deux méthodes distinctes de multiplication seraient bien nommées *homogénèse* et *hétérogénèse* (1). Étudions-les de plus près sous ces noms.

L'espèce de genèse qu'on supposait autrefois universelle, dans laquelle les générations successives sont semblables, est toujours une génération sexuelle; on l'a appelée *gamogénèse*. Dans toutes les espèces qui se multiplient par homogénèse, chaque génération se compose de mâles et de femelles; et des germes fécondés que ceux-ci produisent naît la génération suivante de mâles et de femelles semblables. Cette méthode de propagation se distingue, en outre, par cette particularité que chaque germe fécondé ne donne naissance qu'à un seul individu, qui se développe en s'organisant autour d'un seul axe, et non autour de plusieurs axes. Le contraste le plus marqué qui existe entre les différents genres d'homogénèse, et le seul qui doive nous occuper ici, est celui qui distingue les ovipares des vivipares. La génération ovipare est celle dans laquelle le germe fécondé se détache de la mère avant d'avoir pris un développement considérable. La génération vivipare est celle dans laquelle le développement est très-avancé, ou presque complet, avant que le produit se détache complétement.

(1) Malheureusement le mot hétérogénèse a déjà été employé pour signifier la *génération spontanée*. Mais, à l'exception du petit nombre de personnes qui croient à la *génération spontanée*, bien peu feront des objections à l'emploi de ce mot en un sens qui paraît lui convenir mieux.

Toutefois ce n'est pas là une distinction nettement tranchée : entre les méthodes ovipare et vivipare, il y a des transitions. Dans la genèse ovo-vivipare, il y a une incubation interne; et bien que, dans ce cas, le germe se trouve, en définitive, détaché de la mère sous forme d'un œuf, il ne se sépare pas du corps de la mère avant d'avoir pris un peu la forme des parents. Autour de nous, nous voyons que l'homogénèse est sans exception chez les vertébrés : il n'est aucun animal vertébré qui ne naisse d'un germe fécondé. Chez les mammifères ou vertébrés supérieurs, cette homogénèse est, dans tous les cas, vivipare; chez les oiseaux, elle est sans exception ovipare ; chez les reptiles et les poissons, elle est essentiellement ovipare, bien que certains cas appartiennent à l'espèce dont nous avons parlé, qui simule la viviparité. Si nous passons aux invertébrés, nous trouvons l'homogénèse universelle chez les arachnides (à l'exception des scorpions qui sont ovi-vivipares), universelle aussi chez les crustacés supérieurs, mais non chez les inférieurs; universelle encore chez les mollusques supérieurs, mais non chez les inférieurs. Quand nous descendons aux animaux qui occupent les plus bas degrés de l'échelle, nous voyons que l'homogénèse est l'exception plutôt que la règle. Dans le règne végétal, il ne paraît pas y en avoir d'exemple, sauf ceux de quelques parasites anormaux comme les rafflesiacés, chez lequels le centre ou axe qui naît d'un germe fécondé devient un producteur immédiat de germes fécondés.

Lorsque la propagation se fait par *hétérogénèse*, c'est-à-dire qu'elle a pour caractère la dissemblance des générations successives, il y a toujours genèse non-sexuelle avec des retours intermittents de genèse sexuelle : en d'autres termes *agamogénèse* interrompue plus ou moins fréquemment par *gamogénèse*. Quand on part d'une génération de mâles et de

femelles parfaits, on voit que de leurs œufs naissent des individus qui ne sont ni mâles ni femelles, mais qui produisent la seconde génération par bourgeonnement. Avec cette méthode de multiplication, un grand nombre d'individus naissent d'un genre fécondé unique : le produit du développement s'organise autour de plus d'un centre ou axe. La forme la plus simple d'hétérogénèse est celle qu'on observe dans les plantes uniaxiales. Or, comme nous sommes obligé de regarder chaque rameau ou axe de développement distinct comme un individu distinct, il en résulte que, dans une plante uniaxiale, les individus successifs ne sont pas représentés par les séries A, A, A, A, etc., comme celles qui proviennent de l'hétérogénèse, mais qu'ils sont représentés par la série A, B, A, B, A, B, etc. En effet, chez les plantes qui étaient auparavant rangées parmi les uniaxiales (§ 50), et qu'à ce titre il convient de distinguer par là d'autres plantes, l'axe qui pousse de la semence, et qui, en substance, constitue la plante, ne fleurit ni ne porte semence lui-même; mais il donne latéralement naissance à des axes qui fleurissent et portent semence. Sans doute, dans les plantes uniaxiales, l'appareil de fructification *paraît* exister au bout de l'axe primaire, c'est-à-dire de l'axe vertical; mais la dissection montre qu'au point de vue morphologique chaque axe de fructification est ordinairement un rejeton de l'axe primaire. Il naît de la semence un individu sans sexe, d'où partent, par germination, des individus pourvus d'organes de reproduction; de ceux-ci résultent des germes ou semences fécondés, d'où sortent des individus sans sexe, c'est-à-dire que la gamogénèse et l'agamogénèse alternent, mais avec ceci de particulier que des individus sexués naissent des individus non sexués par développement continu. Les salpes nous offrent une forme voisine de l'hétérogénèse dans le

règne animal. Les individus développés aux dépens d'œufs fécondés, produisent par germination des files d'individus d'où naissent à leur tour des œufs fécondés. Dans les plantes multiaxiales, nous trouvons une succession de générations représentées par les séries A, B, B, B, etc., A, B, B, B, etc. Supposé que A est un axe floral, ou un individu sexué : de tous les germes fécondés qui en proviennent, il pousse un individu non sexué B; de celui-ci naissent, par bourgeonnement, d'autres individus non sexués B, et ainsi de suite pendant un plus ou moins grand nombre de générations, jusqu'à ce qu'à la longue, de l'un de ces individus non-sexués il naisse, par bourgeonnement, des individus portant la semence de la forme originelle A. Les herbes ramifiées, les arbustes et les arbres présentent cette forme d'hétérogenèse; les générations successives d'individus non sexués produites de la sorte se développent dans la plupart des cas d'une manière continue, ou s'agrégent pour former un individu composé; mais, dans certains cas, elles se développent d'une manière discontinue. Dans le règne animal, nous trouvons une espèce d'hétérogenèse représentée par la même succession de lettres, dans les polypes composés, tels que la sertulaire, chez certains hydrozoaires qui prennent alternativement la forme de polypes et celle des méduses : la principale différence que présentent ces groupes vient de ce que les générations successives d'individus non-sexués formées par bourgeonnement, se développent dans certains cas d'après la méthode continue, et dans d'autres d'après la méthode discontinue; elle vient aussi de ce que, dans certains cas, les individus sexués émettent leurs germes fécondés, tandis qu'ils sont encore attachés au polypier-parent; mais, dans d'autres cas, ce n'est pas avant d'avoir quitté le polypier-parent et d'avoir subi un plus grand développement.

Lorsque les nouveaux individus, comme dans toutes les espèces précédentes d'agamogenèse, poussent par bourgeonnement, non pas sur des organes reproducteurs spécialisés, mais sur des parties non spécialisées de l'individu-parent, la méthode de multiplication prend d'Owen le nom de *métagenèse*. Dans la plupart des cas, les individus produits par cette méthode poussent sur les flancs de l'individu-parent; alors la métagenèse est externe. Mais il y a aussi une espèce de métagenèse que nous pouvons appeler interne. Certains entozoaires du genre distome en offrent des exemples. De l'œuf d'un distome sort un animal informe. Peu à peu, à mesure qu'il augmente de volume, la plus grande partie de sa substance intérieure se transforme en de jeunes animaux appelés cercaires (qui sont les larves des distomes); à la longue, ce n'est plus qu'un sac vivant plein de rejetons vivants. Dans le *distoma pacifica*, la couvée de jeunes animaux qui naissent ainsi de l'individu-parent par gemmation interne, n'est pas composée de cercaires, mais d'individus qui ont la même forme que l'individu-parent; ils deviennent eux-mêmes plus tard producteurs de cercaires de la même manière. De sorte que quelquefois la succession des formes est représentée par la série A, B, A, B, etc., et quelquefois par la série A, B, B, A, B, B, etc. Toutefois ces deux cas sont des exemples de métagenèse interne, différente des diverses espèces de métagenèse interne dont nous avons déjà parlé. Le genre d'agamogenèse qui se passe dans un organe reproducteur, soit un véritable ovaire, soit l'homologue d'un ovaire, a été appelé par Owen *parthénogenèse*. Dans l'ouvrage qu'il a publié sous ce titre, Owen a compris les cas où les bourgeons naissant sur le pseudo-ovaire, ne sont pas des œufs dans le vrai sens de ce mot, ne sont pas des pseudo-œufs ainsi que Huxley les a appelés depuis. Siebold et d'autres

naturalistes ont plus tard appliqué le terme de parthénogenèse à un ordre de faits plus restreint. Il eût peut-être mieux valu appeler cette méthode, intermédiaire à la métagenèse et à la parthénogenèse, du nom de *pseudo-parthénogenèse*. C'est la méthode que nous rencontrons chez les aphides. Chez ces animaux, les œufs pondus par les femelles parfaites donnent des femelles imparfaites, dans les pseudo-ovaires desquelles il se développe des pseudo-œufs; ceux-ci prenant rapidement la forme ces femelles imparfaites naissent par la méthode vivipare. De cette seconde génération de femelles imparfaites naît peu après, de la même manière, une troisième génération de même genre, et ainsi de suite plusieurs générations : la série s'exprimant par le symbole A, B, B, B, B, B, etc., A. A propos de ce genre d'hétérogenèse, il faut ajouter que, chez les animaux comme chez les plantes, le nombre de générations d'individus non-sexués produites avant la réapparition des individus sexués, est indéfini, indéfini en ce que dans la même espèce il peut aller plus ou moins loin suivant les circonstances, indéfini encore dans ce sens que parmi les générations d'individus provenant du même germe fécondé, le retour des individus sexués se fait plutôt dans certaines branches que dans d'autres. Dans les arbres, nous voyons que, sur certaines branches, les axes floraux naissent alors que d'autres branches ne produisent encore que des axes à feuilles; la même chose se produit dans les générations successives des aphides. Enfin, il faut mentionner cette forme d'hétérogenèse dans laquelle, à côté de la gamogenèse, il y a une agamogenèse qui lui ressemble exactement, avec cette différence qu'il n'y a pas eu de fécondation. C'est ce qu'on appelle la parthénogenèse vraie, c'est-à-dire une reproduction faite par des mères vierges, qui sont à tous égards semblables aux autres mères. Dans la phalène du ver à soie,

cette panthénogenèse est exceptionnelle plutôt qu'ordinaire : habituellement, les œufs de ces insectes sont fécondés; mais, s'ils ne le sont pas, ils n'en sont pas moins pondus et quelques-uns produisent des larves. Cependant, dans certains lépidoptères, appartenant aux groupes des psychides et des tinéides, la parthénogenèse, paraît être le fait normal, et, autant que nous le sachions, la seule méthode de reproduction; en effet, il y a des espèces dont on ne connaît pas les mâles.

Le tableau suivant nous donnera facilement une idée générale des rapports des différents modes de genèse que nous venons de décrire brièvement.

- Genèse
  - homogenèse, gamogenèse
    - ovipare
    - ou
    - ovovivipare
    - ou
    - vivipare
  - hétéro-genèse
    - gamogenèse alternant avce agamogenèse
      - parthénogenèse
      - ou
      - pseudo-parthénogenèse
      - ou
      - métagenèse
        - interne
        - ou
        - externe.

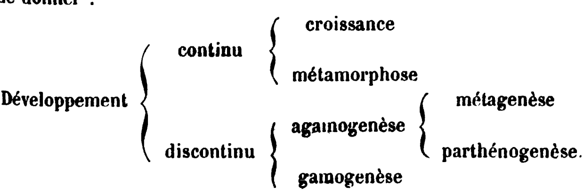
Cette classification, comme toutes celles de ces phénomènes, présente des anomalies. On peut objecter avec raison que les méthodes que nous avons réunies sous le nom d'agamogenèse, sont les mêmes que nous avions réunies auparavant sous celui de développement discontinu (§ 50) : par quoi le développement et la genèse sont des faits en partie coïncidants. Sans doute, il semble étrange que, ce qu'à un point de vue nous considérons comme des changements de structure, nous le regardions à un autre point de vue comme des modes de multiplication (1). Mais nous n'avons que le choix des

(1) Huxley évite cette difficulté en faisant de chaque genre de genèse un

interprétations imparfaites. Nous ne saurions, par des divisions logiquement dichotomiques, exprimer avec précision des relations qui dans la nature se fondent insensiblement les unes dans les autres. Ni le schème que nous venons de tracer, ni aucun autre, ne peut faire plus que de donner une idée approximative de la vérité.

§ 76. La genèse sous toutes les formes est une opération de désintégration négative ou positive; à ce titre opposée à l'opération d'intégration qui est un élément de l'évolution de l'individu. La désintégration négative se rencontre dans les cas où, comme chez les hydrozoaires composés, il se fait un développement continu d'individus nouveaux par gemmation sur des corps d'individus plus vieux; et où les individus plus vieux se trouvent par là empêchés de parvenir à un volume plus grand, ou d'atteindre un plus haut degré d'intégration. La désintégration positive se présente dans les cas d'agamogenèse où la formation de nouveaux individus est discontinue, et dans tous les cas de gamogenèse. Il y a divers degrés de désintégration. A une extrémité l'organisme-parent est complétement mis en pièces, ou dissous, en de nouveaux individus, et à l'autre extrémité le nouvel individu ne forme qu'une faible portion de la substance de l'organisme-parent. Les protozoaires et les protophytes nous montrent la forme de désintégration appelée fissiparité spontanée : deux ou quatre

mode de développement. Voici sa classification, qui m'a suggéré celle que je viens de donner :



individus se produisent par la scission d'un individu primitif. Le *volvox* et l'*hydrodictyon* sont des végétaux qui après avoir formé au dedans d'eux-mêmes des groupes de jeunes végétaux, leur donnent issue par une sorte d'explosion; et chez les animaux, un de ceux dont nous avons parlé un peu plus haut, celui qui naît de l'œuf du distome perd entièrement son individualité dans l'individualité des nombreuses larves de distome dont il se remplit. En général, le degré de désintégration devient moins marqué à mesure que nous nous rapprochons des formes organiques supérieures. Les végétaux de types avancés projettent hors d'eux-mêmes, soit par gamogenèse, soit par agamogenèse des parties relativement petites; et chez les animaux supérieurs, il n'est aucun cas où l'individu-parent se perde ordinairement dans la production de nouveaux individus. Toutefois, jusqu'au bout il y a nécessairement une désintégration plus ou moins grande. Les semences et les grains de pollen d'une plante phanérogame sont des portions désintégrées de tissu, comme le sont aussi les œufs et les spermatozoaires des animaux. Que les germes fécondés dérobent à leurs parents des quantités plus ou moins grandes de substance nutritive, ces quantités impliquent dans tous les cas des désintégrations négatives ou positives des parents.

Les individus nouveaux qui résultent de l'agamogenèse ne se séparent pas d'habitude des individus-parents, avant d'avoir subi un développement considérable, sinon complet. Le rejeton agamogenétique de ces organismes inférieurs à développement central, ne dépassent, naturellement, pas la structure centrale; mais le rejeton agamogenétique d'organismes à développement axial, prennent communément une structure axiale avant de devenir indépendants. Le règne végétal nous en montre des exemples dans l'organisation avancée des

bulbilles qui se détachent, et des bourgeons qui prennent racine avant de se détacher. Chez les animaux, les hydrozoaires, les trématodes, les salpes et les aphides, nous présentent différents genres d'agamogenèse, dans lesquels les individus nouveaux s'élèvent à un degré d'organisation considérable avant de se détacher. La règle n'est pourtant pas sans exception. Les œufs de la ponte d'hiver de la plumatelle, développés dans une partie non spécialisée du corps, nous offrent un exemple de métagenèse, où ce sont des centres de développement qui se détachent, et non des axes; et dans la parthénogenèse des teignes et des abeilles, que nous avons décrite plus haut, ces centres se détachent d'un ovaire.

Quand c'est par gamogenèse qu'ils se produisent, les individus nouveaux deviennent indépendants de l'individu-parent quand ils sont encore sous forme de centres de développement, plutôt que sous celle d'axes de développement, et cela même quand c'est le contraire qui paraît avoir lieu. Les germes fécondés des végétaux inférieurs, centraux ou multicentraux, dans leur développement, sont naturellement détachés en qualité de centres. Dans les végétaux supérieurs, deux éléments concourent à la formation du germe fécondé : l'un, la cellule pollinique, se sépare absolument de la plante sous la forme d'un centre; l'autre, la cellule embryonnaire, bien qu'elle ne se détache pas absolument de l'individu-parent, n'est plus subordonnée à ses forces organisatrices. En sorte que lorsque la cellule embryonnaire a été fécondée par la matière contenue dans le boyau pollinique, et que le développement commence, il s'effectue sans que l'individu-parent y prenne part; encore que l'individu nouveau demeure uni par un lien physique avec l'ancien, il s'en sépare par la structure et par la fonction alors qu'il n'est encore qu'un centre de développement; il prend la forme axiale par des opérations qui sont

à lui; l'individu ancien ne fait autre chose que de lui fournir des matériaux. Dans toute l'étendue du règne animal, les individus nouveaux produits par gamogenèse se séparent visiblement sous forme de centres de développement toutes les fois que la reproduction est ovipare; la seule variation remarquable consiste dans la quantité de substance nutritive léguée par l'individu-parent au nouveau centre de développement, et au moment de la séparation. Bien que l'opération, dans la reproduction vivipare, paraisse différente, et qu'en un sens elle le soit, au fond pourtant, elle est la même. En effet dans ces cas, l'individu nouveau se détache de l'individu-parent, encore sous forme de centre de développement; mais au lieu d'être en définitive mis au jour sous cette forme, il est réattaché, et pourvu de nourriture jusqu'à ce qu'il prenne plus ou moins une structure axiale complète.

§ 77. Sous chacune des formes diverses qu'il présente, l'acte essentiel dans la gamogenèse, est l'union de deux centres ou cellules, produits par des organismes-parents différents : l'une la cellule spermatique est le produit mâle, l'autre la cellule germinative est le produit femelle. Il existe des modes et des modifications de modes très-nombreux pour la production de ces cellules, comme aussi pour leur rapprochement, et aussi pour assurer aux germes fécondés les conditions favorables à leur développement. Sans nous occuper spécialement de ces nombreuses espèces divèrgentes et redivergentes de multiplication sexuelle, ce qui demanderait trop d'espace, la seule particularité que nous ayons besoin de remarquer, c'est la coalescence d'une portion détachée de l'un des organismes avec une portion plus ou moins détachée de l'autre.

Des protophytes comme les palmelles et les desmidiées, ap-

pelés quelquefois végétaux unicellulaires, nous présentent une coalescence, non de portions détachées de deux organismes, mais de deux organismes entiers; dans les palmelles l'union consiste en une fusion complète des individus : dans les desmidiées tout le contenu des individus s'unit pour former la masse germinative. Lorsque, comme chez les conferves, les cellules agrégées ont une individualité à peine subordonnée à celle de l'agrégat, l'acte gamogenétique s'effectue par l'union des granules contenus dans deux cellules adjacentes. Dans les spirogyres, ce n'est pas entre deux cellules adjacentes du même filament qu'a lieu la combinaison; mais les cellules d'un filament s'unissent à celles d'un autre. A mesure que nous nous élevons aux végétaux d'une organisation supérieure, nous trouvons que les deux éléments reproducteurs deviennent tout à fait distincts, et de plus qu'ils se forment dans des organes différents disposés à part pour les produire, et arrangés de telle sorte que les cellules spermatiques d'un végétal s'unissent aux cellules germinatives de l'autre.

Il y a lieu de penser que parmi les protozoaires les plus inférieurs, c'est par une fusion de deux individualités que se fait l'acte d'où résulte le germe d'une nouvelle série d'individus, à peu près ce qui arrive dans l'union de certaines algues. Mais chez les animaux formés par l'agrégation d'unités homologues aux protozoaires, les cellules spermatiques et les cellules germinatives sont différenciées. Même chez les animaux inférieurs, où il n'existe aucune différenciation de sexes, nous avons de bonnes preuves que dans les formes supérieures, l'union ne se fait pas entre les cellules spermatiques et les cellules germinatives, qui se sont développées dans le même individu, mais entre celles qui se sont formées dans des individus différents.

Le phénomène merveilleux qui commence par l'union de

la cellule spermatique et de la cellule germinative, suggère naturellement l'idée de propriétés spéciales et particulières que possèderaient ces cellules. Il paraît évident que la faculté merveilleuse qu'elles déploient, de créer un organisme nouveau et complexe, les distingue de la façon la plus marquée des portions de substance organique en général. Néanmoins, plus nous étudions le fait, plus cette opinion est ébranlée, plus nous nous rapprochons d'une autre conclusion, à savoir que ces cellules ne sont pas le produit d'une élaboration insolite, ni foncièrement différentes des autres cellules. Le premier fait qui nous porte à cette conclusion modifiée est celui sur lequel nous avons récemment insisté (§ 63), que chez beaucoup de végétaux et d'animaux inférieurs, un petit fragment de tissu qui n'est que légèrement différencié, est capable de se développer sous la forme de l'organisme d'où il a été tiré. Une preuve décisive nous oblige à admettre que les unités constituantes des organismes possèdent par elles-mêmes la faculté de s'arranger de manière à prendre les formes des organismes auxquels elles appartiennent. S'il faut accorder ces propriétés aux unités constituantes que nous appelons physiologiques; si, sous l'empire de conditions appropriées, alors qu'elles ne sont pas encore bien spécialisées, elles manifestent ces propriétés d'une façon aussi marquée que les cellules spermatiques et les cellules germinatives, il est clair que les cellules spermatiques et les cellules germinatives ne sont pas aussi spécialisées que nous pourrions le croire. De plus, les organes destinés à la préparation des cellules spermatiques et les cellules germinatives n'ont rien de la spécialité de structure qu'il aurait fallu, si les cellules spermatiques et les cellules germinatives avaient besoin d'être douées de propriétés essentiellement différentes de celles des autres agents organiques. Au contraire ces

centres reproductifs proviennent de tissus caractérisés par l'infériorité de leur organisation. Dans les végétaux, par exemple, ce ne sont pas les parties qui possèdent une structure avancée qui produisent les particules fructifiantes : celles-ci naissent à l'extrémité des axes, au point où la structure est au plus bas degré. Les cellules embryonnaires se forment dans la partie indifférenciée de la couche de cambium; les grains de pollen se forment aux extrémités peu différenciées des étamines; les unes et les autres sont homologues avec les simples cellules épithéliales. Chez beaucoup d'animaurx inférieurs dépourvus d'organes reproducteurs, tels que l'hydre, les œufs et les spermatozoïdes naissent dans la couche de tissu indifférent situé entre l'endoderme et l'ectoderme; c'est-à-dire qu'ils consistent en portions de substance de moins en moins spécialisée. Chez les animaux supérieurs, les mêmes agents générateurs semblent n'être que des cellules d'épithélium modifiées, qui se font remarquer non pas par la complexité de leur structure, mais plutôt par leur simplicité. Si, comme objection à cette manière de voir, on nous demandait pourquoi d'autres cellules d'épithélium ne présentent pas les mêmes propriétés, nous aurions deux réponses à faire. D'abord que les autres cellules d'épithélium sont d'ordinaire tellement modifiées pour s'adapter à des fonctions spéciales qu'elles ne sont plus propres à remplir la fonction reproductrice. Ensuite que, dans certains cas, où les cellules d'épithélium sont très-peu spécialisées, elles présentent les mêmes propriétés, non pas en s'unissant avec d'autres cellules d'épithélium pour produire des germes nouveaux, mais en produisant de nouveaux germes sans cette union. M. Hooker m'a appris que le *Begonia phyllomaniaca* émet d'ordinaire de jeunes plantes sur les écailles de sa tige et de ses feuilles, et même que plusieurs jeunes plantes se

développent sur une seule écaille. Les cellules d'épithélium qui composent une de ces écailles se gonflent çà et là, sous forme de grosses cellules globulaires, forment de la chlorophylle dans leur intérieur, poussent des axes rudimentaires, et ensuite se détachent par des étranglements spontanés, tombent sur le sol, et poussent pour former des bégonias. Dans une plante grasse d'Angleterre, le *Malaxis paludosa*, il se passe une chose analogue : les cellules qui se détachent spontanément y sont produites par la surface des feuilles. Il n'existe donc point de preuve que les cellules spermatiques et les cellules germinatives possèdent des propriétés foncièrement dissemblables de celles des autres cellules. L'hypothèse à laquelle les faits nous conduisent est que ces cellules diffèrent des autres surtout parce qu'elles n'ont pas subi les modifications semblables à celles qui ont adapté les autres à des fonctions particulières. Ce sont des cellules qui se sont écartées fort peu du type originel et le plus général. Ou bien pour me servir d'une expression d'un de mes amis, ce n'est pas qu'elles soient spécialisées particulièrement, mais parce qu'elles sont inspécialisées : les spécialisations, en effet, que certaines cellules présentent sous forme de disposition locomotrice, etc. pouvant être considérées non comme des modifications intrinsèques, mais comme des modifications extrinsèques, qui n'ont guère de rapport qu'avec certaines exigences mécaniques. Divers faits tendent pareillement à montrer que la distinction profonde que nous sommes tentés d'admettre entre les éléments reproducteurs mâle et femelle, n'existe pas. Dans le polype commun, les cellules spermatiques et les cellules germinatives se développent dans la même couche de tissu indifférent; dans les téthyes, variété d'éponges, M. Huxley les a rencontrées mêlées au parenchyme général. Les grains de pollen et les cellules embryonnaires de végétaux,

naissent dans des parties voisines l'une de l'autre de la couche du cambium; il paraît aussi, d'après la description d'une monstruosité de la fleur de passion que M. Salter à faite à la Société Linnéenne, que les ovules peuvent, dans leur structure générale passer par gradation insensible à l'état d'anthères, et produire du pollen dans leur intérieur. Tous ces exemples sont en harmonie parfaite avec la conclusion précédente; puisque, si la nature des cellules spermatiques et celle des cellules germinatives ne diffèrent pas essentiellement de celle des cellules non spécialisées en général, elles ne sauraient différer entre elles.

Le fait que nous avons ensuite à noter, c'est que ces cellules dont l'union constitue l'acte essentiel de gamogenèse, sont celles dans lesquelles les changements du développement ont trouvé leur terme, c'est-à-dire des cellules qui, malgré les circonstances favorables où elles se trouvent au point de vue de la nutrition, sont incapables d'une évolution ultérieure. Bien qu'elles ne soient pas, comme tant d'autres cellules, impropres au développement et à la métamorphose pour être fortement spécialisées, elles n'en ont pas moins perdu la faculté de croître et de se métamorphoser. Elles ont atteint chacune pour sa part un état d'équilibre. Et tandis que la balance des forces s'oppose à la continuation des efforts constitutifs, des forces destructives la renversent promptement. En effet, il arrive uniformément que les cellules spermatiques et les cellules germinatives qui ne viennent pas au contact, disparaissent. Dans un végétal, la cellule embryonnaire non fécondée est absorbée et disparaît, en même temps que l'ovule avorte; et l'œuf non imprégné finit par se décomposer.

Tels sont les caractères de ces cellules, tel est leur sort quand elles restent séparées; voyons maintenant ce qui arrive

quand elles sont unies. Pendant longtemps on a ignoré ce qui se passait immédiatement après leur contact. On est parvenu cependant à le déterminer. On a vu que chez les plantes l'extrémité de la cellule pollinique s'applique à la surface du sac embryonnaire, mais n'y pénètre pas. Chez les animaux, il n'en est pas de même. Des observateurs exacts s'accordent à dire que le spermatozoaire traverse la membrane limitante de l'œuf. On pense que dans les deux cas, il se fait un mélange du contenu des deux cellules. Chez les plantes, la matière contenue dans la cellule pollinique passe par osmose dans la cellule embryonnaire; et chez les animaux la substance du spermatozoaire se mêle à la substance contenue dans l'œuf, soit par simple diffusion, soit par multiplication de cellules. Mais le fait important que nous avons à noter, c'est qu'après l'union des éléments reproducteurs, une nouvelle série de changements appartenant au développement commence, soit sur-le-champ, soit dès que les circonstances favorables se trouvent réunies. L'état d'équilibre auquel chaque élément est arrivé est détruit par l'influence qu'ils exercent l'un sur l'autre; et les changements constructifs qui avaient subi un arrêt recommencent. Une opération de multiplication cellulaire est mise en train, et les cellules qui en résultent commencent à former en s'agrégeant le rudiment d'un nouvel organisme.

Laissant de côté les accessoires variables de la gamogenèse, et bornant notre attention à ce qu'il y a de constant, nous voyons qu'il se fait ordinairement, sinon universellement, une fusion de deux portions de substance organique, qui sont ou bien des individus distincts, ou émises par des individus distincts; que ces portions de substance organique qui se distinguent chacune par leur degré de spécialisation, sont arrivées à un état de repos, c'est-à-dire d'équilibre,

au point de vue de la structure; que si elles ne sont pas unies, cet équilibre aboutit à la dissolution; mais que dès qu'elles se mêlent, l'équilibre est détruit et une nouvelle évolution commence.

§ 78. Sous quelles conditions la genèse s'opère-t-elle? Comment se fait-il que certains organismes se multiplient par homogenèse et d'autres par hétérogenèse. Comment se fait-il que lorsque l'agamogenèse est la règle, elle soit de temps en temps remplacée par la gamogenèse? Ce sont des questions d'un intérêt extrême : mais auxquelles on ne saurait encore donner de réponse décisive. Dans l'état actuel de la biologie, nous devons nous estimer heureux si nous pouvons apprendre dans quelle direction il faudrait chercher la réponse. L'étude des faits nous révèle certains rapports qui, s'ils ne sont pas universels, sont trop généraux pour n'avoir pas de signification.

Quand la multiplication se fait par hétérogenèse, nous trouvons dans beaucoup de cas que l'agamogenèse continue aussi longtemps que les forces qui se révèlent dans la croissance dépassent de beaucoup les forces antagonistes. Réciproquement, nous observons que le retour de la gamogenèse se fait lorsque les conditions ne sont plus aussi favorables à la croissance. Pareillement quand il y a multiplication homogenétique, les nouveaux individus ne se forment pas tant que les précédents grandissent rapidement, c'est-à-dire tant que les forces qui produisent la croissance dépassent de beaucoup les forces opposées; mais la formation de nouveaux individus commence quand la nutrition est presque égalée par la dépense. Il faudrait plus d'espace que nous n'en avons pour citer tous les faits qui semblent autoriser ces inductions. Quelques-uns suffiront.

La relation qui unit la fructification et l'arrêt de la nutrition chez les plantes a été, il y a longtemps, affirmée par un physiologiste allemand, par Wolff dit-on. Il y a quelques années, quand je rencontrai cette affirmation, je ne savais pas sur quels faits elle reposait. Toutefois, depuis ce temps, j'ai, quand l'occasion l'a permis, étudié les faits par moi-même. Le résultat auquel je suis arrivé est une conviction que toutes les recherches nouvelles ont fortifiée, à savoir que cette relation est réelle. Les végétaux uniaxials ne commencent à produire leurs axes latéraux, axes floraux, qu'après que l'axe principal a développé la grande masse de ses feuilles, et qu'il atteste la diminution de sa nutrition par la diminution des dimensions des feuilles qu'il produit encore, ou des entrenœuds, ou des unes et des autres. Chez les végétaux multiaxials, deux, trois générations et plus, d'axes portant des feuilles, ou des individus non-sexués se produisent avant qu'aucun individu portant semence se montre. Lorsqu'après cette première période de croissance rapide et de multiplication agamogénétique, des individus gamogénétiques se produisent, c'est aux endroits où la nutrition est la moindre; encore n'est-ce pas sur l'axe principal ou sur les axes secondaires, ou même sur les tertiaires, mais sur des axes les plus éloignés des canaux qui apportent la substance nutritive. En outre, un axe floral est d'ordinaire beaucoup moins volumineux que les autres; il est plus court, ou s'il est aussi long, il est bien plus mince. De plus, dans l'axe floral, les entre-nœuds terminaux ne sont pas développés; les organes foliacés au lieu de devenir des feuilles, passent à l'état de sépales, de pétales, d'étamines, se suivent de très-près, au lieu d'être séparés par des espaces de l'axe qui continue à grandir. Nous trouvons un autre groupe de faits quand nous observons les variations de la fructification qui

accompagnent les variations de nutrition dans la plante considérée dans son ensemble. Non-seulement nous trouvons comme nous l'avons dit que la gamogenèse ne commence que lorsque la vigueur de la croissance première a été un peu rabattue par l'extension qui porte à quelque distance des racines les parties les plus éloignées de la plante, mais encore nous la trouvons provoquée plus tôt que d'ordinaire quand on met obstacle à la nutrition. On fait porter des fruits aux arbres alors qu'ils sont encore très-petits en coupant leurs racines, ou en les mettant en pot; on en fait porter aux branches luxuriantes à l'intérieur desquelles l'afflux de séve a diminué, en conséquence de l'opération appelée par les jardiniers *incision annulaire*, et qu'elles commencent à produire des boutons à fleurs au lieu de boutons à bois. Bien plus, il faut remarquer que les arbres qui, en fleurissant de bonne heure dans l'année, semblent montrer une relation directe entre la gamogenèse et l'accroissement de nutrition, font en réalité le contraire; chez eux, en effet, les bourgeons à fleurs se forment en automne, et c'est quand la nutrition décline que le passage de ces bourgeons à l'état d'individus sexués est possible. Par contre, nous voyons qu'une nutrition très-développée chez les plantes, empêche ou arrête la gamogenèse. Il est notoire qu'une trop grande richesse du sol ou une trop grande quantité d'engrais a pour résultat une production continue de rameaux à bois ou non-sexués. Non-seulement une nutrition excessive empêche les végétaux de produire des individus sexués, mais encore elle change les individus sexués que la plante allait produire en individus non-sexués. On peut reconnaître à diverses périodes cet arrêt de la gamogenèse. Nous trouvons le degré le plus inférieur de cette métamorphose renversée dans un fait bien connu, lorsque les plantes deviennent stériles par

la transformation de leurs étamines en pétales. Lorsque les pétales et les étamines se changent partiellement en feuilles vertes, le retour de la structure gamogenétique à l'agamogenétique est plus marqué; il l'est bien davantage encore lorsque, comme cela arrive parfois dans les plantes d'une croissance luxuriante, de nouveaux axes floraux, et même des axes, à feuilles poussent du centre même de certaines fleurs (1). La structure anatomique de l'axe sexuel nous offre une preuve à l'appui, par l'impression qu'elle nous fait d'un axe non-sexuel avorté. Outre qu'il manque des entre-nœuds que l'axe à feuilles possède ordinairement, l'axe floral en diffère en ce qu'il n'a pas d'axes latéraux rudimentaires. Dans un axe

(1) Parmi les divers exemples de ce fait que j'ai observés, les plus remarquables se rencontrèrent dans les digitales qui croissent en grand nombre et avec un volume considérable dans un bois entre Whatstandwell Bridge et Crich dans le Derbyshire. Une fois, la fleur inférieure de la tige contenait, au lieu de pistil, un rameau ou épi de bourgeons à fleurs semblables par la structure aux bourgeons embryonnaires de l'épi principal. J'en comptai dix-sept, dont le premier avait trois étamines, et pour le reste était normal; le second en avait trois, le troisième et le quatrième quatre, etc. D'autres plantes qui présentaient des anomalies plus variées dénotaient un excès de nutrition tout aussi clairement. Voici les notes que je pris sur leur conformation : première fleur, la plus inférieure sur la tige, très-grande, calice à huit divisions, dont une partie transformée en une corolle, et une autre en un petit bourgeon à bractées (ce bourgeon consistait en un calice à cinq divisions, quatre anthères sessiles, un pistil et une corolle rudimentaire); la corolle de la fleur principale qui était complète contenait six étamines, dont trois portant des anthères, deux autres aplaties et colorées, et une rudimentaire; il n'y avait pas de pistil, mais *à sa place* un gros bourgeon composé d'un calice à trois divisions, dont deux étaient teintées à leur extrémité, et une corolle imparfaite, marquée intérieurement des taches pourprées et des poils habituels, trois anthères sessiles sur cette corolle mal formée, un pistil, un ovaire avec des ovules, et, croissant à côté, un autre bourgeon dont la structure était indistincte. Une seconde fleur, grande, calice à sept divisions, dont une transformée en un bourgeon avec bractées, mais plus petit que l'autre; corolle grande mais divisée au sommet, six étamines avec anthères, pistil et ovaire. Une troisième fleur grande; calice à six divisions, corolle divisée, avec six étamines, pistil et ovaire avec un second pistil à demi reployé au sommet. Une quatrième fleur, grande, divisée au sommet, six étamines. Une cinquième fleur, grande; corolle divisée en trois parties, six étamines. Une sixième fleur, grande; corolle divisée, calice à six fentes, le reste de la fleur normal. Une septième et toutes les autres normales.

à feuilles, l'aisselle de chaque feuille contient ordinairement un petit bourgeon qui peut se développer ou non en un axe latéral; mais quoique les pétales d'une fleur soient les homologues des feuilles, ils ne portent pas de bourgeons homologues à leur base. Ordinairement aussi les appendices foliacés des axes sexuels sont beaucoup plus petits que ceux des axes non sexuels, les étamines et les pistils surtout, les derniers formés, sont extrêmement rabougris; il y a même lieu de croire que l'absence de chlorophylle dans les parties de la fructification est un fait de même signification. Ce n'est pas tout, la formation de l'ovaire paraît être une conséquence directe d'un arrêt de nutrition. Prenons pour un exemple un doigt ganté représentant un rameau en croissance (le doigt représente le bois et le gant la couche de cambium, dans laquelle s'opère l'acte de la croissance), et supposons une diminution de l'apport des matériaux destinés à la croissance; il semble alors qu'on ait le droit de conclure que la croissenca cessera d'abord au sommet de la couche de cambium représentée par le bout du doigt de gant; supposons que la croissance continue dans les parties de la couche de cambium qui sont plus rapprochées du lieu où arrive la substance nutritive, leur extension longitudinale amènera la formation d'une cavité à l'extrémité du rameau, comme celle qui se produit dans un doigt de gant lorsque le doigt se retire en partie, le gant restant attaché à son extrémité. D'où il semble à la fois que cette introversion de la couche de cambium peut être considérée comme due à un défaut de nutrition, et que les ovules qui croissent sur sa surface retournée en dedans, qui, sans le défaut de nutrition, eût été sa surface externe, sont les homologues avortés des appendices externes, soit feuilles, soit axes latéraux. Les organes essentiels de la fructification naissent donc aux points où la nutrition a atteint son mini-

mum (1). N'oublions pas d'ajouter que les cellules spermatiques et les cellules germinatives se forment aux bouts mêmes des organes de fructification.

Les espèces d'animaux qui se multiplient par hétérogenèse nous offrent une relation parallèle entre le retour de la gamogenèse et le retour de conditions défavorables à la croissance. C'est du moins ce que l'on voit quand il y a des faits qui jettent du jour sur la relation de cause à effet : par exemple, ceux que nous présentent les *aphides*. Ces petits animaux éclos au printemps se multiplient pendant l'été par agamogenèse. Quand le temps devient froid et que les plantes ne donnent plus assez de séve, il se produit des femelles et des mâles parfaits; et d'une gamogenèse proviennent des œufs fécondés. Ces faits ne sont pas tout, nous en avons de plus concluants. En effet, on a vu que la rapidité de l'agamogenèse est proportionnée à la chaleur et à la nutrition, et que lorsque la température et la nutrition sont entretenues artificiellement, l'agamogenèse continue pendant l'hiver. Bien plus, non-seulement dans ces conditions l'agomogenèse continue pendant l'hiver, mais on a vu qu'elle continue quatre ans de suite produisant ainsi quelques quarante ou cin-

(1) Il semble que les botanistes ne soient pas d'accord sur la question de l'homologie des ovules; il en est qui pensent que ce sont des organes foliacés rudimentaires, et d'autres que ce sont des organes axials rudimentaires. Il est possible que cette divergence soit vaine, puisqu'il paraît y avoir des preuves que les ovules peuvent se transformer les uns dans les autres. Un travail de M. Salter, que j'ai déjà indiqué, montre qu'ils peuvent passer insensiblement à l'état d'étamines, et le fait de la digitale que je viens de rapporter montre qu'ils peuvent se transformer en bourgeons à fleurs qui sont des organes axials. Je me permets de penser que les faits en désaccord ne peuvent se concilier que si l'on considère les ovules comme les homologues des appendices latéraux, et un appendice latéral comme composé d'une feuille plus un axe rudimentaire, qui peuvent avorter l'un et l'autre. Tel est le point de vue qui paraît autorisé par le développement; puisque, à la première période, un bourgeon latéral, d'où naît un appendice latéral, ne présente aucune division en feuille rudimentaire et en axe rudimentaire; c'est du bourgeon latéral à cette première période, que le bourgeon séminal ou ovule est l'homologue.

quante générations non-sexuées. Les savants qui ont étudié la question ne voient pas de raison de douter de la continuation indéfinie de cette multiplication agamogenétique, tant que les exigences du milieu peuvent être pleinement satisfaites. Une preuve d'un autre genre, qui tend très-nettement à la même conclusion, nous est fournie par l'hétérogenèse des daphnies, petits crustacés appelés vulgairement puces d'eau, qui habitent les étangs et les fossés. La nature de son habitat expose ce petit animal à des conditions très-variables. Gelés en hiver, ces petits corps qui vivent dans l'eau sont souvent par trop chauffés en été, ou desséchés par une sécheresse continue. Les circonstances favorables à la vie de la daphnie et à sa croissance se trouvent donc soumises à des interruptions qui, dans nos climats, reviennent avec une irrégularité périodique. D'après l'hypothèse, nous pouvons nous attendre à voir revenir la gamogenèse en même temps que la preuve d'un déclin de la nutrition, et à trouver dans son retour bien des variations. C'est en effet ce qui arrive. Du travail de M. Lubbock sur les daphnies, inséré dans les *Philosophical Transactions* de 1857, et d'autres documents qu'il a bien voulu me communiquer, on peut déduire les conclusions générales que voici : premièrement, dans chaque ovaire, à côté de rudiments d'œufs agamiques, ou d'œufs qui, développés, produisent des jeunes, par véritable parthénogenèse, il y a habituellement, sinon toujours, le rudiment d'un œuf éphippial, que, d'après diverses preuves, on peut regarder comme un œuf sexuel ou gamique. Deuxièmement, suivant les circonstances, c'est l'agamogenèse, ou la gamogenèse qui a lieu. Mais si l'œuf agamique se développe, l'œuf gamique rudimentaire disparaît ou est absorbé. Troisièmement, le nombre des œufs agamiques contenu dans chaque ovaire ne s'élève, dans des circon-

stances favorables, pas à moins de huit ou neuf; tandis qu'il n'y a jamais qu'un œuf gamique à la fois dans chaque ovaire, et quelquefois un des ovaires n'en produit point : d'où il suit que, comme un œuf gamique n'a pas plus de deux fois le volume de l'œuf agamique, la quantité de matière contenue dans une portée agamique est quatre fois plus grande et quelquefois même huit fois plus grande que celle contenue dans une portée gamique. La quantité de substance nutritive dépensée en gamogenèse durant un laps de temps donné (en tenant compte de celle qui est consacrée à la formation de l'éphippium) est bien inférieure à celle dépensée en agamogenèse durant le même temps. Voyant donc la préparation qui ne cesse de se faire, soit pour la génération gamique, soit pour l'agamique, dans un animal exposé à des variations irrégulières de nutrition, tandis que la gamogenèse implique par sa quantité un faible excès de nutrition, nous ne pouvons guère douter que l'un ou l'autre mode de multiplication se montre, selon que les condition sont ou non favorables à la nutrition.

Passons maintenant aux animaux qui se multiplient par homogenèse, c'est-à-dire aux animaux dans lesquels le produit total d'un germe fécondé s'agrège autour d'un seul centre ou axe, au lieu de plusieurs centres ou axes. Nous y voyons ce que nous avons déjà vu, qu'aussi longtemps que les conditions permettent un accroissement rapide de la masse du produit-germe, il n'y a pas production d'individus nouveaux par gamogenèse. En général, nous voyons que lorsque la croissance décline et qu'elle est relativement moins rapide, apparaissent des cellules spermatiques et des cellules germinatives parfaites, et que la plus grande activité de la fonction reproductive se montre à mesure que la croissance cesse : en général, devons-nous dire, parce que cette

relation, bien que suffisamment définie dans les ordres supérieurs d'animaux qui se multiplient par gamogenèse, est moins définie dans les ordres inférieurs? Cette restriction ne milite point contre l'hypothèse, comme elle semble le faire; car le caractère indéfini de la relation se présente lorsque la limite de la croissance est relativement indéfinie. Nous avons vu (§ 46) que, chez les animaux actifs à sang chaud, comme les mammifères et les oiseaux, le balancement inévitable de l'assimilation par la dépense, établit pour chaque espèce un volume adulte à peu près uniforme, et parmi les animaux de cette catégorie, les oiseaux surtout, chez lesquels les effets restrictifs de la dépense se montrent le mieux, la relation entre la cessation de la croissance et le commencement de la reproduction est nette. Mais nous avons vu aussi (§ 46) que lorsque, comme chez le crocodile et le brochet, les conditions et les habitudes de vie sont telles que la dépense ne dépasse pas l'assimilation, à mesure que le volume augmente, la croissance n'a aucune limite précise. Les animaux qui se trouvent dans ces conditions nous offrent naturellement des exemples d'une relation indéterminée entre la croissance qui décline et la reproduction qui commence (1). Il existe, il est vrai, chez les poissons au moins un exemple qui nous semble très-anormal. Le *parr* mâle, ou jeune saumon mâle, poisson de quatre ou cinq pouces de long, produit, dit-on, de la laitance. Puisqu'il n'a pas à cette époque de sa croissance le centième du poids d'un saumon à sa com-

(1) Je dois à M. Lubbock un fait important qui confirme cette manière de voir. Après m'avoir exposé son opinion qu'entre les crustacés et les insectes il existe une relation analogue à celle qui existe entre les vertébrés aquatiques et les vertébrés terrestres, il m'a fait voir que tandis que chez les insectes il y a une limite définie à la croissance, et en même temps une limite définie où commence la reproduction, chez les crustacés, où la croissance n'a pas de limite définie, il n'y a pas de relation définie entre le commencement de la reproduction et le décroissement ou l'arrêt de la croissance.

plète croissance, comment cette production de laitance peut-elle s'accorder avec la loi générale? Il faut que la réponse soit dans une grande mesure hypothétique. Si le saumon (comme il le paraît quand il est jeune) est une espèce de truite d'eau douce qui a contracté l'habitude de faire chaque année un voyage à la mer, où il trouve la nourriture dont il tire bon parti, si le volume original de l'espèce n'était pas plus grand que celui d'un petit saumon (*grilse*), c'est-à-dire presque aussi gros que certaines variétés de truites de lacs ou de rivières, et si la limite de la croissance chez les truites est très-indéfinie, ce que nous savons, nous avons bien le droit de supposer que le parr a à peu près la forme et le volume de cette espèce de truite, avant qu'elle eût acquis ses habitudes de voyage. Par suite, la production de laite est dans ce fait un symptôme du début du déclin de la croissance telle qu'elle a lieu naturellement dans l'espèce quand elle se retrouve dans les conditions où vivaient ses ancêtres. Cette explication admise, l'immense développement subséquent du parr, qui devient un saumon, doit être considéré comme l'effet d'une augmentation subite de la facilité de trouver de la nourriture, facilité qui recule à une plus grande distance la limite à laquelle l'assimilation est balancée par la dépense, et qui produit un effet analogue à celui que nous avons trouvé chez les végétaux, d'arrêter l'acte reproducteur au moment où il commence, et de causer une reprise de la croissance. Ce qui confirmerait cette manière de voir, c'est que lorsque le parr, après son premier voyage à la mer, revient dans les eaux douces, après avoir crû en quelques mois de deux onces environ à cinq ou six livres, il ne montre plus aucune aptitude à la propagation : le saumon avant l'âge adulte, ne produit ni laite ni frai. Mais, sans citer d'autres exemples ni soulever d'autres difficultés, j'ai, je pense, montré assez

clairement l'existence d'une relation pareille à celle que j'ai présentée. Si traversée par diverses autres relations que soit cette relation entre le commencemeut des rapports sexuels et le déclin de l'intensité de la croissance, elle a toute l'évidence que nous pouvons en attendre.

La loi générale à laquelle l'homogenèse aussi bien que l'hétérogenèse se conforme paraît donc être que les produits d'un germe fécondé continuent à accumuler par croissance simple, tant que les forces d'où la croissance résulte dépassent de beaucoup les forces antagonistes; mais que lorsque la diminution d'une série de forces, ou l'accroissement de l'autre, amène une diminution considérable de cet excès, et un état qui se rapproche de l'équilibre, des germes fécondés apparaissent de nouveau. Que le produit-germe soit organisé autour d'un axe, ou autour de plusieurs axes, naissant par agamogenèse; que le développement soit continu ou discontinu, cela n'y fait rien. Que cet état, qui se rapproche de l'équilibre chez les organismes concrets comme aux animaux supérieurs, résulte de l'accroissement disproportionné de la dépense imposée par l'accroissement de volume, ou que, chez les organismes discrets, en partie ou en totalité, comme la plupart des plantes et un grand nombre d'animaux inférieurs, il résulte d'un déclin absolu ou relatif de la nutrition, cela n'y fait rien. Dans tous les cas, le retour de l'agamogenèse se trouve associé à une décroissance plus ou moins marquée dans l'excès de la propriété productrice des tissus. Nous ne saurions dire qu'une décroissance, dans cet excès, aboutisse toujours à la gamogenèse, car nous avons la preuve du contraire; dans ce fait que certains organismes se multiplient pendant un temps indéfini par agamogenèse seulement. Ainsi le saule pleureur, qu'on a propagé dans toute l'Europe, ne fructifie pas en

Europe; et pourtant, comme le saule pleureur, par son grand volume et la multiplication de génération sur génération de ses axes latéraux, rencontre, suivant les lieux, les mêmes causes de manque de nutrition que les autres arbres, nous ne pouvons attribuer le défaut d'axes sexuels à la prédominance continue de la nutrition.

Chez les animaux, nous trouvons le fait anormal des tinéidés, espèces de teignes, chez lesquelles la multiplication parthénogenétique se continue de génération en génération. Nous y voyons que la gamogenèse ne résulte pas nécessairement d'un état voisin de l'équilibre entre l'assimilation et la dépense. Ce que nous devons dire, c'est qu'un état qui se rapproche de l'équilibre entre les forces qui causent la croissance et celles qui s'y opposent, est la principale condition du retour de la gamogenèse; mais qu'il existe d'autres conditions inconnues en l'absence desquelles cet état rapproché de l'équilibre n'est pas suivi de gamogenèse.

§ 79. L'induction que nous venons de tirer est une réponse approximative à la question de savoir quand la gamogenèse revient, mais non à celle que nous nous étions proposée de savoir pourquoi elle revient. Pourquoi la multiplication ne peut-elle se faire dans tous les cas, comme cela a lieu dans beaucoup, par agamogenèse? Ainsi que nous l'avons déjà dit, la science biologique n'est pas assez avancée pour répondre. En attendant, les faits que nous avons réunis suggèrent une réponse hypothétique qu'il peut être bon de présenter.

Nous voyons d'une part, que la gamogenèse ne revient que chez les individus qui s'approchent d'un état d'équilibre organique, et, d'autre part, que les cellules spermatiques et les cellules germinatives produites par ces individus sont des

cellules où les changements du développement ont abouti à un état de repos, mais où, après leur union, prend naissance une opération active de formation de cellules. Nous pouvons, donc, comprendre que lorsque l'équilibre général chez ces individus gamogenétiques est prés de se réaliser, il est accompagné d'un équilibre moléculaire en eux; et que le besoin de l'union de la cellule spermatique et de la cellule germinative est le besoin de renverser cet équilibre et de rétablir un changement moléculaire actif dans le germe détaché, résultat qui s'effectue probablement par le mélange des unités physiologiques, légèrement différentes d'individus légèrement différents. Les divers arguments, que l'on peut présenter à l'appui de cette manière de voir, ne sauraient être exposés d'une façon satisfaisante qu'après que nous aurons étudié les questions de l'hérédité et des variations. Laissons les pour le moment; nous les reprendrons pour les examiner dans leurs rapports avec quelques autres questions soulevées par le phénomène et la genèse.

Cependant, avant de finir ce chapitre, il est à propos de noter la relation que ces divers modes de multiplication soutiennent avec les conditions d'existence sous lesquelles chacun d'eux se produit habituellement. Non-seulement l'explication du téléologiste n'est point vraie, mais elle est souvent l'envers de la vérité. En effet si, dans l'hypothèse de l'évolution, il est clair que les choses ne sont pas arrangées de telle et telle sorte qu'elles assurent des fins spéciales, il est clair aussi que les arrangements qui assurent *réellement* ces fins spéciales tendent continuellement à s'établir et s'établissent par le fait même qu'ils réalisent ces fins. Outre qu'elle assure un rapport de convenance entre chaque espèce d'organisme et les circonstances qui l'entourent, l'œuvre de

la « sélection naturelle » assure aussi un rapport de convenance entre le mode et la proportion de la multiplication de chaque espèce d'organisme et les circonstances qui l'entourent. Nous pourrons donc, sans faire aucune hypothèse téléologique, considérer comment l'homogenèse et l'hétérogenèse s'approprient aux besoins des diverses classes d'organismes qui les présentent.

Un des faits qu'il faut noter, c'est que l'hétérogenèse règne chez les organismes dont la nourriture, bien qu'abondante, comparée à leur dépense, se trouve dispersée de telle sorte qu'elle ne peut être consommée en gros. Les protophytes, vivant de gaz diffusés et de matière organique en décomposition finement divisée, et les protozoaires, auxquels la nourriture se présente sous forme de petites particules flottantes, se trouvent en état, grâce à leur multiplication agamogenétique rapide, de se procurer les matériaux qui servent à leur croissance, bien mieux qu'ils ne le pourraient, s'ils ne continuaient pas à se diviser et à se disperser pour la poursuivre. Les plantes supérieures, qui ont pour nourriture l'acide carbonique de l'air et certains éléments minéraux du sol, nous présentent des modes de multiplication adaptés pour l'utilisation la plus complète de ces substances. Une herbe qui n'a qu'un faible pouvoir de former la fibre ligneuse indispensable pour constituer une tige capable de supporter des branches d'une longue portée, après avoir produit un petit nombre d'axes non-sexués, produit des axes sexués. Mais un arbre qui peut élever dans les airs ses générations successives d'axes non sexués, où chaque axe trouve de l'acide carbonique, et de la lumière aussi facilement que s'il poussait de lui-même, peut avec avantage émettre par bourgeonnement des axes non-sexués pendant des années, puisqu'il accroît par là son pouvoir d'émettre plus tard des

axes sexués. En attendant, il peut avantageusement transformer en porte-graines les axes qui ont une nutrition défectueuse, parce qu'ils ont moins d'accès aux matériaux absorbés par les racines; en effet, cette transformation consiste à émettre en un point où les substances manquent, un groupe de germes émigrants qui peuvent trouver leur subsistance ailleurs. L'hétérogenèse que présentent les animaux du type célentéré a évidemment la même utilité. Un polype vivant de très-petits annélides et de très-petits crustacés, qui, en traversant rapidement les eaux, viennent se mettre en contact avec ses tentacules, est obligé de se contenter de la quantité de proie que le hasard met à sa portée; aussi émet-il de jeunes polypes qui, en colonies ou à l'état d'individus dispersés, étendent leurs tentacules dans un plus grand espace que ne pourrait le faire le polype-parent. En les produisant, le polype-parent assure bien mieux la continuation de son espèce qu'il ne l'aurait fait s'il avait grandi lentement jusqu'à ce que sa nutrition se fût trouvée à peu près équilibrée par l'usure de ses tissus et qu'alors il se fût multiplié par gamogenèse. Il en est de même pour les aphides. Vivant de séve végétale qu'il suce au moyen de sa trompe sur les pousses et les feuilles tendres, un aphide ne peut en prendre qu'une faible quantité en un temps donné; l'espèce sera donc plus probablement préservée par une propagation non-sexuelle rapide de petits individus qui se dispersent sur une aire étendue, mais partout assez pauvre en matériaux nutritifs, que si la croissance de l'individu se continuait pour produire plus tard de grands individus se multipliant par la méthode sexuelle. D'une part, nous voyons que lorsque le froid de l'automne et la diminution de la séve mettent obstacle à la croissance, le retour de la gamogenèse et la production d'ovules fécondés qui demeurent inactifs tout l'hiver

est plus favorable à la conservation de l'espèce que ne le serait une continuation de l'agamogenèse. D'autre part, il est évident que chez les animaux supérieurs vivant d'aliments qui, tout dispersés qu'ils sont, ne laissent pas d'être agrégés en grandes masses, l'alternance des méthodes gamique et agamique de reproduction cesse d'être utile. Le développement du produit-germe en un organisme unique d'un volume considérable est bien souvent une condition sans laquelle il serait impossible de faire servir à quelque usage ces grandes masses de matière alimentaire; alors la formation de plusieurs individus au lieu d'un seul serait funeste. Seulement nous voyons encore les résultats avantageux de la loi générale, l'abandon de la gamogenèse jusqu'à ce que le coefficient de la croissance commence à décliner. En effet, tant que ce coefficient croît rapidement, c'est une preuve que l'organisme trouve de la nourriture avec une grande facilité, que la dépense n'est pas de nature à compromettre sérieusement l'accumulation, et que le volume obtenu n'est pas encore désavantageux, ou mieux qu'il est positivement avantageux. Mais, quand le coefficient de la croissance décroît rapidement par l'effet de l'accroissement rapide de la dépense, quand l'excès de l'assimilation diminue de manière à faire pressentir qu'il va disparaître, c'est une nécessité pour la conservation de l'espèce que cet excès s'applique à la production d'individus nouveaux, puisque si la croissance continuait jusqu'à ce que cet excès disparût par l'équilibre complet de l'assimilation et de la dépense, la production d'individus nouveaux serait ou impossible ou funeste à l'individu-parent. Il est clair que la « sélection naturelle » tendra continuellement à déterminer la période à laquelle commencera la gamogenèse, de façon à favoriser le plus la conservation de l'espèce.

C'est ici qu'il est à propos de faire voir qu'en vertu de « la sélection naturelle », il se produira dans tous les cas la proportion la plus avantageuse de mâles et de femelles. Si les conditions de la vie sont de nature à rendre l'inégalité de nombre des sexes profitable à l'espèce, soit au point de vue du nombre des rejetons, soit à celui du caractère du rejeton, les variétés de l'espèce qui, pour une cause quelconque, se rapprochent plus que d'autres de ce degré avantageux d'inégalité, seront en état de supplanter d'autres variétés. Réciproquement, lorsque l'égalité dans le nombre des mâles et des femelles sera avantageuse, l'équilibre se maintiendra par la disparition des variétés qui produisent des rejetons chez lesquels les sexes ne sont point en nombre égal.

CHAPITRE VIII

HÉRÉDITÉ

§ 80. Déjà dans les deux derniers chapitres nous avons admis tacitement la loi de transmission héréditaire, ce qui est inévitable dans toutes les discussions de ce genre. Comprise dans son intégrité, la loi veut que chaque plante ou animal en produise d'autres de même espèce que lui-même; la ressemblance spécifique consistant moins dans la répétition de traits individuels, que dans la reproduction d'une même structure générale. Les exemples de tous les jours ont rendu si familière cette vérité, qu'ils lui ont presque fait perdre toute signification. Que le froment produise du froment, que les bœufs existants descendent d'ancêtres de même espèce, que tout organisme qui se développe prenne en définitive la forme de la classe, de l'ordre, du genre et de l'espèce d'où il est sorti : c'est un fait qui, à force de répétition, a pris dans notre esprit l'air d'un fait nécessaire. Toutefois c'est en ceci que l'hérédité se révèle principalement; les phénomènes qu'on rapporte à ce principe en sont des manifestations tout à fait secondaires. Comprise ainsi, l'hérédité est un principe universel. Les divers cas d'hétérogenèse dont nous venons de parler paraissent, il est vrai, en désaccord avec cette

assertion. Mais il n'en est rien en réalité. Bien que le retour des mêmes formes se fasse, dans les faits d'hétérogénèse, non point suivant une ligne droite, mais suivant un cercle, la même forme revient; et, pris dans son ensemble, le groupe de formes produit dans l'un des cercles ressemble autant aux groupes précédents que l'individu unique naissant par homogénèse ressemble aux individus ses ancêtres. Cependant, quoique le principe général, que les organismes d'un type donné descendent uniformément d'organismes de même type, soit si bien établi par une quantité infinie de faits qu'il est devenu un axiome, on n'admet pas universellement que les caractères non-typiques soient héréditaires. Si on venait dire à un botaniste qu'une plante d'une classe a produit une plante d'une autre classe, ou que de semences provenant d'un ordre donné, des individus d'un autre ordre ont poussé, il refuserait d'y croire, et jugerait même inutile d'examiner les faits. Un zoologiste à qui l'on dirait que d'un œuf de poisson est sorti un reptile, et qu'un mammifère implacentaire est né d'un mammifère placentaire, ou qu'un mammifère ongulé a mis bas un mammifère onguiculé, ou même que d'individus d'une espèce il est né des rejetons d'une espèce voisine, ce zoologiste lèverait les épaules de dédain. Il y a pourtant des botanistes et des zoologistes qui ne tiennent pas pour certain que les particularités moindres de l'organisation se transmettent d'une génération à l'autre. Il y a des naturalistes qui paraissent croire que la loi d'hérédité ne s'applique qu'aux principaux caractères de structure, et non aux détails, ou en quelque sorte que, tout en s'appliquant aux détails qui constituent les différences des espèces, elle ne s'applique point aux détails moins saillants. Voyant que la tendance à la répétition rencontre de légères restrictions dans la tendance à la variation (ce qui, nous le verrons par

la suite, n'est qu'un résultat indirect de la tendance à la répétition) en viennent à douter que l'hérédité ait un empire illimité. Cependant par un examen attentif des faits, et en faisant une part suffisante aux influences qui obscurcissent les plus petites manifestations de l'hérédité, nous ferons disparaître les raisons sur lesquelles ce doute se fonde.

D'abord, par ordre d'importance, vient le fait que non-seulement les traits de structure qui distinguent la classe, l'ordre, le genre et l'espèce, se transmettent uniformément d'un organisme à ses rejetons; mais aussi ceux qui distinguent la variété. Nous avons de nombreux exemples, chez les végétaux et les animaux, où par l'effet de conditions naturelles ou artificielles, il s'est produit des modifications différentes issues de la même espèce; il y a des preuves nombreuses que les membres de ces sous-espèces transmettent ordinairement leurs caractères distinctifs à leurs descendants. Les agriculteurs et les jardiniers citent à cet égard des faits incontestables. On connaît plusieurs variétés de froment; chacune de ces variétés se reproduit elle-même. Depuis que la pomme de terre a été introduite en Angleterre il s'est formé de l'espèce primitive plusieurs sous-espèces, dont quelques-unes diffèrent beaucoup des autres par leur forme, leur volume, leurs qualités et l'époque de leur maturité. On peut en dire autant des pois. On cite souvent la tribu des choux comme un exemple où l'on voit des races qui ont divergé considérablement d'une souche commune devenues permanentes. Chez les fruits et les fleurs, la multiplication des espèces, et la continuation certaine de chaque espèce par agamogenèse, et, dans une certaine étendue, par gamogenèse, est attestée par un nombre infini d'exemples. De toutes parts on peut rassembler des exemples qui montrent que les variétés survenues dans chaque espèce d'animaux

persistent pareillement. Nous avons des races distinctes de moutons, de bœufs, de chevaux, qui conservent leurs caractères distinctifs. Les diverses races de chiens que nous pouvons considérer comme appartenant toutes à la même espèce, d'après le critérium physiologique, nous présentent la preuve évidente de la transmission héréditaire de petites différences, — chaque race, conservée pure, se reproduisant non-seulement avec son volume, sa forme, sa couleur, la qualité du poil, mais aussi par les dispositions et les caractères spéciaux de son intelligence. Les lapins aussi ont leurs races fixes. Dans l'île de Man il existe une espèce de chats sans queue. N'y eût-il pas d'autres preuves, celles que nous présente la physiologie suffiraient. Dès que l'on admet que toutes les races d'hommes proviennent de la même souche, toutes les variétés humaines fournissent preuve sur preuve que les traits de structure non spécifiques sont transmis de génération en génération. Ou bien si l'on admet qu'elles descendent de plusieurs souches, on trouve entre les races qui descendent d'un tronc commun des différences distinctives qui prouvent l'hérédité de caractères secondaires. Non-seulement nous voyons les nègres continuer à produire des nègres, les peaux-rouges des peaux-rouges, et les races à peau blanche perpétuer leur peau blanche, non-seulement nous voyons les Kalmoucks à la face large et au nez aplati produire des enfants à la face large et au nez aplati, et les Juifs léguer à leurs rejetons les traits qui depuis longtemps caractérisent les Juifs; mais encore nous voyons que les plus légères différences qui distinguent les races les plus voisines se conservent de génération en génération. En Allemagne, la forme ordinaire du crâne est sensiblement différente de celle qui est commune en Grande-Bretagne, bien que les Allemands et les Anglo-

Saxons soient de races très-voisines. La masse des Italiens continuent à se distinguer des autres nations de l'Europe par les traits de leur visage. Le caractère des Français est aujourd'hui, comme il y a des siècles, différent à bien des égards des caractères des peuples voisins. De plus, entre les races si proches parentes que le sont les Celtes-Gallois et les Celtes-Irlandais, des différences sensibles de forme et de nature se sont fixées.

C'est pour nous une puissante raison de croire que la loi générale d'hérédité est illimitée dans ses applications, que de la voir vérifiée dans ces sous-espèces et sous-sous-espèces, par la perpétuation des caractères d'ordre, de genre et d'espèce. Aux titres que les faits de ce genre donnent à la croyance à l'hérédité, il faut ajouter aussi ceux qui dérivent de faits plus spéciaux. L'expérimentation et l'observation directe pratiquée sur une succession de générations, nous offrent de nombreux faits qui attestent l'hérédité. On peut les partager en deux classes. Dans l'une se rangent les faits dans lesquels des particularités congénitales, qu'on ne saurait rapporter à des causes appréciables, sont léguées aux descendants. Dans l'autre se placent les faits où les particularités léguées ne sont pas congénitales, mais résultent de changements survenus dans les fonctions durant la vie des individus qui les lèguent. Nous allons examiner les faits de la première classe.

§ 81. Notons au début le caractère du principal témoignage. Après les inductions qui ont reçu une vérification assez complète pour prendre rang parmi les vérités de la science exacte, nulle n'est plus digne de confiance que celles qui ont subi l'épreuve des transactions commerciales. Quand nous voyons des milliers d'hommes dont les

profits et les pertes dépendent de la vérité des conclusions qu'ils tirent d'observations simples, constamment répétées ; quand les conclusions, tirées et transmises de génération en génération par ces observateurs si profondément intéressés, sont devenues des convictions inébranlables; nous pouvons les accueillir sans hésitation. Il y a une classe de commerçants, les éleveurs, qui se dirigent d'après des expériences de ce genre, et qui entretiennent une conviction de cette espèce, nous voulons dire la conviction que les caractères secondaires de l'organisation se transmettent par hérédité, aussi bien que les principaux. C'est pour cela qu'on paye d'un prix colossal les chevaux de course vainqueurs, les taureaux de formes supérieures, les bêtes à laine qui possèdent certains caractères désirés. C'est pour cela qu'on prend tant de peine pour éviter le croisement de ces produits de choix avec des produits inférieurs. M. Darwin cite les savants qui jouissent de la plus haute autorité dans la question de l'élevage de nouvelles races pour fixer et propager les caractères qui font la supériorité de certains animaux. « Youatt, écrit-il, l'homme peut-être qui connaît le mieux les œuvres des agronomes, et juge excellent en ce qui concerne les animaux, voit dans le principe de la sélection le moyen qui permet aux agriculteurs non-seulement de modifier les caractères de leur bétail, mais de le changer totalement. C'est la baguette du magicien, par la vertu de laquelle il peut appeler à la vie toutes les formes qu'il veut. » — « Il semble, dit lord Somerville, en parlant de ce que les éleveurs ont fait pour les bêtes à laine, qu'ils aient tracé à la craie sur un mur une forme d'une entière perfection, et qu'ils lui aient ensuite donné la vie. » Le plus habile éleveur, sir John Sebright, avait coutume de dire, en parlant des pigeons, qu'il se faisait fort de produire en trois ans le plumage qu'on voudrait,

mais qu'il lui en fallait six pour obtenir une tête ou un bec. Au fond de toutes ces affirmations, il y a la conviction que les traits individuels sont légués de génération en génération, et que lorsqu'ils ne sont pas mis en conflit avec des traits opposés, ils peuvent se perpétuer et s'accroître de façon à devenir des caractères distinctifs permanents.

Il y a un grand nombre de faits spéciaux outre celui qu'on a souvent cité du mouton ancon, issu d'un seul agneau à courtes jambes, et celui de la sexdigitée Gratio Kelléia, qui a transmis sa difformité à plusieurs de ses enfants et de ses petits enfants. Dans un article publié dans l'*Edinburgh New Philosophical Journal* de juillet 1863, le docteur Struthers présente divers exemples de variations héréditaires des doigts. Esther P..., qui avait six doigts à une main, a légué cette difformité à certaines branches de ses descendants, pour deux, trois ou quatre générations. A. S... hérita de son père d'un doigt surnuméraire à chaque main et à chaque pied; et C. G..., qui avait aussi six doigts et six orteils, avait une tante et une grand'mère pareillement conformées. M. Sedgwick a réuni un grand nombre de faits et les a publiés dans la *Medico-chirurgical Review* d'avril et de juillet 1863, en deux articles sur « l'influence du sexe, sur la limitation de la transmission héréditaire ». C'est à ces articles que nous empruntons les cas suivants : « Augustin Duforet, pâtissier de Douai, qui n'avait que deux au lieu de trois phalanges à tous ses doigts et orteils, avait hérité cette difformité de son grand-père et de son père, et la partageait avec un oncle et plusieurs cousins. Le docteur Lépine a parlé d'un homme qui n'avait que trois doigts à chaque main et quatre orteils à chaque pied, et dont le grand-père et le fils présentaient la même anomalie. Victoire Barré, d'après Béchet, n'avait comme son père et sa sœur qu'un doigt développé à chaque

main, et que deux doigts à chaque pied, et cette monstruosité se voyait chez ses deux filles. Il y a des cas d'hérédité, où pendant deux générations, on a constaté d'absence de deux phalanges onguéales aux mains. Il faudrait plus d'espace que je n'en ai à ma disposition, pour citer les divers faits connus de transmission d'une génération à une autre, de doigts ou d'orteils palmés, de bec-de-lièvre, de luxation congénitale du fémur, d'absence de la rotule, de pied bot, etc. Il n'est pas rare non plus de rencontrer des faits de transmission héréditaire de vices de conformation dans les organes des sens. Quatre sœurs, leur mère et leur grand'mère, furent, nous apprend Duval, affectées pareillement de cataracte. Prosper Lucas rapporte un cas d'amaurose héréditaire qui affecta toutes les femmes d'une famille pendant trois générations. Duval, Graffe, Dufon et d'autres attestent que des faits analogues se sont présentés à eux (1). » La surdité se transmet aussi quelquefois de la mère à l'enfant. Il y a des sourds-muets dont les vices de conformation proviennent des ancêtres, et des malformations de l'oreille externe se sont aussi perpétuées par hérédité. On a noté beaucoup de faits de transmission de particularités de la peau et de ses appendices : par exemple celui d'une famille dont tous les membres se faisaient remarquer par l'épaisseur de leurs sourcils noirs, et celui d'une autre famille, dont chaque membre portait au sommet de la tête une mèche de cheveux de couleur plus claire que le reste. On connaît aussi des faits de calvitie congénitale héréditaire. On a cité encore comme faits de transmission héréditaire l'absence complète des dents, l'absence

(1) Tandis que ce chapitre était sous presse, M. White Cooper m'a appris que la vue courte, la vue longue, la myopie, le strabisme ne sont pas les seules affections des yeux qui soient héréditaires, mais qu'une particularité de la vision, limitée à un œil, se transmet fréquemment et se retrouve chez le descendant dans le même œil.

de certaines dents et des arrangements anormaux des dents. Nous avons des faits qui prouvent la transmissibilité des dispositions à conserver les dents saines ou à les avoir gâtées.

L'hérédité de certaines maladies, telles que la goutte, la phthisie, la folie, est universellement admise. Parmi les maladies communes dont la transmission d'une génération à une autre a été observée, citons l'ichthyose, la lèpre, le pytiriasis, les tumeurs sébacées, la plique polonaise, la dipsomanie, le somnambulisme, la catalepsie, l'épilepsie, l'asthme, l'apoplexie, l'éléphantiasis. La susceptibilité nerveuse de certains parents se retrouve presque toujours chez leurs enfants. On a quelquefois constaté la transmission héréditaire d'un penchant au suicide.

§ 82. Il est comparativement difficile, pour plusieurs raisons, de prouver la transmission des particularités de structure qui proviennent de particularités fonctionnelles. Les changements produits dans le volume des parties par des changements dans la somme de leurs actions sont la plupart du temps peu apparents à première vue. Quand un muscle a augmenté de volume, il reste si bien caché sous ses enveloppes naturelles et sous les voiles artificiels des vêtements, qu'à moins d'être excessive, l'altération passe inaperçue. On ne saurait voir du dehors les développements nerveux qui peuvent se faire dans le cours d'une seule vie. Les modifications normales que subissent les viscères ne peuvent être observées que d'une manière obscure, si tant est qu'elles le puissent. S'il est difficile de suivre des changements de structure opérés dans les individus par des changements dans leurs habitudes, il doit l'être bien davantage encore de suivre la transmission de ces changements, bien plus masquée qu'elle est par l'influence d'autres individus que d'autres habi-

tudes viennent souvent modifier autrement. Bien plus, les particularités de structure, qui sont dues à des particularités de fonction, se trouvent d'ordinaire intimement mêlées à des particularités de structure dues à la sélection tant naturelle qu'artificielle. Dans la majorité des cas, il est impossible de dire qu'une particularité de structure, qui paraît avoir pris naissance chez le rejeton par suite d'une particularité fonctionnelle existant chez le parent, ne dépend en rien de l'influence de quelque particularité congénitale de structure chez le parent qui a donné lieu à cette particularité. Nous sommes réduits à des faits avec lesquels la sélection naturelle ou artificielle peut n'avoir rien à faire; et il est difficile d'en trouver. Cependant nous pouvons en citer quelques-uns.

Une espèce de plante, transportée d'un sol sur un autre, subit souvent ce que les botanistes appellent *un changement d'habitudes*, changement qui, sans affecter ses caractères spécifiques, n'en est pas moins visible. Dans sa nouvelle localité, la plante se distingue par des feuilles plus larges ou plus petites, de formes différentes ou plus charnues; quelquefois au lieu d'être, comme auparavant, comparativement lisses, elles deviennent poilues, ou bien sa tige devient ligneuse au lieu d'herbacée; ou encore ses branches, ne poussant plus vers le haut, prennent une attitude languissante. Or, ces changements d'habitude sont évidemment déterminés par des changements fonctionnels. Puisqu'ils se présentent chez des individus qui ont subi un déplacement, on ne saurait les ranger parmi les *variations spontanées*. Il y a des modifications de structure qui sont les conséquences de modifications de fonction, produites par des modifications dans l'action des forces extérieures. Comme ces modifications reparaissent dans les générations qui viennent après, nous y

voyons des exemples de variations établies par la fonction, qui se transmettent par hérédité. Nous en voyons un autre exemple dans ce qu'on appelle « déviations » chez les plantes. Il y en a de deux sortes : les unes gamogénétiques, les autres agamogénétiques. On pourrait attribuer entièrement les déviations gamogénétiques à des *variations spontanées;* sont elles dues en partie à l'hérédité de changements de structure produits par des changements fonctionnels, on ne saurait le prouver. Mais, lorsque les individus qui présentent les variations naissent par agamogenèse, c'est le contraire qui arrive : la variation spontanée est hors de doute, et la seule interprétation possible consiste à expliquer la déviation de structure par une déviation de fonction. Un axe nouveau, qui pousse sur un axe-parent, prend un caractère différent; il émet des feuilles lobées au lieu de feuilles entières, et possède d'ailleurs un mode de croissance différent. Ce changement de structure implique un changement dans les actions de développement d'où le nouveau bourgeon est sorti, changement, voulons-nous dire, qui se passe dans le rameau-parent, c'est-à-dire dans le changement fonctionnel; et, comme la structure modifiée, imprimée ainsi au nouveau rameau par la fonction modifiée, se transmet par ce rameau à tous les rameaux qu'il porte, nous sommes obligés d'admettre que ce fait est un exemple d'une modification acquise devenue héréditaire.

Il est difficile de dégager la preuve de changements analogues chez les animaux. C'est seulement chez les animaux domestiques que nous avons l'occasion de suivre les effets d'habitudes modifiées; et encore, dans presque tous les cas, la sélection artificielle en a-t-elle masqué les résultats. Nous pouvons cependant citer quelques faits. M. Darwin, tout en attribuant à peu près complétement à la *sélection*

naturelle la production des modifications qui aboutissent à des différences d'espèces, admet néanmoins les effets de l'usage et de la désuétude. « Je trouve, dit-il, que chez le canard domestique, les os de l'aile pèsent moins, et ceux de la patte plus, en proportion du squelette entier, que les mêmes os dans le canard sauvage; et j'estime que ce changement peut être raisonnablement attribué à ce que le canard domestique vole beaucoup moins et marche beaucoup plus que son parent sauvage. Le grand développement héréditaire des mamelles des vaches et des chèvres dans les pays où on les traît habituellement, en comparaison de l'état de ces organes dans d'autres pays, est un autre exemple de l'effet de l'usage. On ne pourrait citer un seul animal domestique qui n'ait pas en quelque pays les oreilles tombantes; nous trouvons probable l'interprétation proposée par quelques auteurs qui expliquent cette forme par l'inaction habituelle des muscles de l'oreille, parce que ces animaux ne sont guère alarmés par le danger. » Ailleurs : « Les yeux de la taupe et de certains rongeurs fouisseurs ont des dimensions rudimentaires, et sont chez quelques-uns tout à fait recouverts de peau et de poils. L'état de ces yeux provient probablement de la désuétude, mais aidée peut-être par la sélection naturelle... » « L'on sait que divers animaux, appartenant aux classes les plus différentes, qui habitent les cavernes de la Styrie ou du Kentucky, sont aveugles. Il y a des crabes où l'on trouve encore le pédoncule de l'œil, quoique l'œil n'existe plus; le pied du télescope demeure, mais le télescope et ses verres sont perdus. Comme il est difficile d'imaginer que les yeux, bien que sans usage, puissent causer un dommage quelconque aux animaux qui vivent dans l'obscurité, j'attribue leur perte à la désuétude. » On peut observer quelquefois l'hérédité directe d'une parti-

cularité acquise. M. Lewes en rapporte un cas. Il « possédait un petit chien qu'on avait enlevé à sa mère quand il n'avait que six semaines : ce petit chien n'avait jamais appris à *demander* (ce qu'on avait appris à sa mère); il se mit à le faire spontanément pour tout ce dont il avait besoin, quand il eut environ sept ou huit mois : il demandait qu'on lui donnât à manger, qu'on le laissât sortir, et un jour on le vit en face d'un clapier de lapins demandant les lapins. » Il y a aussi des exemples de chiens de chasse qui ont pris spontanément dans la campagne des allures et des manières que leurs parents avaient apprises.

Mais c'est dans l'espèce humaine que l'on rencontre les meilleurs exemples de modifications héréditaires produites par des modifications de fonction. Il n'y a pas d'autre cause à laquelle on puisse attribuer les métamorphoses rapides subies par les races bretonnes quand elles sont placées dans des conditions nouvelles. C'est un fait notoire qu'aux États-Unis les descendants des immigrants irlandais perdent leur physionomie celtique et s'américanisent. On ne saurait attribuer cet effet à des mariages entre Irlandais et Américains : les sentiments que les Américains ont pour les Irlandais s'y opposent. L'exemple de ce qui arrive aux immigrants allemands est tout aussi frappant; bien qu'ils se tiennent à part, ils prennent bientôt le type dominant. Ce serait aller trop loin que de dire que la *variation spontanée*, renforcée par la sélection naturelle, a pu produire cet effet. Des races si nombreuses ne peuvent avoir été supplantées au bout de deux ou trois générations par des variétés naissant d'elles-mêmes. Il n'y a donc aucun moyen d'éviter la conclusion que les conditions physiques et sociales ont produit dans ces cas des modifications de fonction et de structure, dont le rejeton hérite et qu'il accroît. De même pour les cas spéciaux. Le

docteur Brown a observé dans bien des cas (*Cyclopædia of Practical Medicine*, II, p. 419) que des individus dont la complexion avait été modifiée par un séjour dans un climat chaud, lorsqu'ils venaient à avoir des enfants à une époque postérieure à ce séjour, retrouvaient chez ces enfants l'air qu'ils avaient nouvellement acquis, plutôt que celui qu'ils possédaient primitivement.

On pourrait aussi signaler des modifications spéciales d'organes causées par des changements spéciaux dans leurs fonctions. On reconnaît généralement que les personnes dont les ancêtres vivaient du travail de leurs mains ont par hérédité des mains grosses, et que les hommes et les femmes qui descendent depuis de nombreuses générations de personnes qui ne se livraient pas au travail manuel, ont généralement de petites mains. Comment le volume des mains serait-il un bon signe de l'extraction, s'il n'existait pas un rapport entre ce volume et la profession des ancêtres? Il existe une relation analogue entre l'exercice habituel des pieds et leur grosseur; les habitudes des Chinois en sont la preuve. La coutume cruelle d'arrêter artificiellement la croissance des pieds ne se serait jamais établie parmi les dames de la Chine, si elles n'avaient pas vu dans les petits pieds la marque d'un rang supérieur, c'est-à-dire d'une grande existence, d'une vie affranchie du travail corporel. Il y a aussi des faits qui tendent à prouver que les modifications des yeux, causées par des exercices particuliers de ces organes, se transmettent par hérédité. La myopie est chose rare parmi les populations rurales; mais c'en est une fréquente chez les gens qui se servent beaucoup de leurs yeux pour lire et écrire; chez ces derniers, la myopie est souvent congénitale. Ce rapport est encore plus frappant en Allemagne. L'on sait que dans ce pays les classes élevées sont studieuses; et d'après

le nombre des jeunes Allemands qui portent des lunettes, il y a lieu de penser que la myopie congénitale est très-fréquente en Allemagne.

Quelques-uns des meilleurs exemples d'hérédité fonctionnelle nous sont fournis par les caractères mentals des races humaines. Il est des facultés que l'espèce humaine a acquises dans le cours de la civilisation, qui, selon moi, ne sauraient s'expliquer sans l'hypothèse de la transmission héréditaire des modifications acquises. La faculté musicale en est une. Je ne crois pas qu'on en donne une explication suffisante en disant que la *sélection naturelle* a été la cause de son développement parce qu'elle a conservé les individus les mieux disposés. Même aujourd'hui que, grâce au développement et à l'ascendant de cette faculté, la musique est devenue une occupation au moyen de laquelle les mieux doués de la faculté musicale peuvent gagner leur vie et élever leurs familles ; il n'est pas sûr, à prendre la vie des musiciens dans son ensemble, qu'elle ait quelque avantage sur d'autres dans la lutte pour la vie et la multiplication. Mais si nous reportons nos regards sur les premières phases que la faculté musicale a dû traverser, avant qu'on soit arrivé à une perception définie de la mélodie, nous aurons encore plus de peine à voir comment les individus qui possédaient la faculté musicale rudimentaire à un degré un peu supérieur à celui des autres, en auraient tiré l'avantage de se conserver mieux eux-mêmes et leurs enfants. S'il en est ainsi, il n'y a pour ce fait qu'une explication, à savoir que l'association habituelle de certaines cadences du langage de l'homme avec certaines émotions, a peu à peu établi dans la race un lien organisé et héréditaire entre ces cadences et ces émotions ; que la combinaison de ces cadences, plus ou moins idéalisées, qui constitue la mélodie,

n'a pris pendant tout ce temps une signification dans l'esprit de la masse, que parce que les cadences avaient pris un sens dans l'esprit de la masse ; et parce que à force d'entendre et d'exécuter des mélodies on a gagné, et pu transmettre une sensibilité musicale plus avancée. Il est des cas particuliers qui nous permettent de confirmer ces idées. Tout en reconnaissant que chez un peuple doué de la faculté musicale à un certain degré, la variation spontanée produira accidentellement des hommes qui la possèdent à un degré supérieur, on ne saurait pourtant admettre que la variation spontanée explique pourquoi des hommes doués d'un talent musical supérieur produisent des hommes encore mieux doués. En moyenne on peut dire que les rejetons d'un mariage entre personnes qui ne sont pas douées des mêmes talents, seront plutôt moins que plus distingués. Le plus qu'on puisse espérer, c'est de voir cette faculté prodigieuse reparaître à la génération suivante, sans être amoindrie. Comment pourrions-nous expliquer des exemples comme ceux de Bach, de Mozart, de Beethoven, qui étaient tous des fils d'hommes doués de talents musicaux exceptionnels? Que dire quand on voit que Haydn était fils d'un organiste, Hummel d'un maître de musique, et que le père de Weber était un violoniste distingué? On ne saurait attribuer raisonnablement à la coïncidence des « variations spontanées » l'existence de si nombreux exemples chez une nation, dans un si court espace de temps. On ne saurait l'attribuer à rien qu'aux développements de structure causés par les augmentations subies par la fonction, et transmises par hérédité.

Mais la preuve la plus évidente que les modifications de structure causées par des modifications de fonctions sont héréditaires, se rencontre dans des cas d'altérations

morbides. « Certains genres de vie engendrent la goutte »; et la goutte est transmissible. Chacun sait que chez des personnes jouissant auparavant d'une bonne santé, la phthisie peut être le résultat d'un genre de vie défavorable, par exemple, d'une alimentation insuffisante, d'une habitation dans des lieux malpropres, humides, mal aérés, et même aussi le résultat d'inquiétudes prolongées. L'on sait bien mieux encore que la diathèse phthisique se transmet des parents aux enfants. A moins donc d'admettre une différence entre la phthisie constitutionnelle et la phthisie provoquée par des conditions insalubres, à moins d'affirmer que la phthisie dont l'origine est inconnue est transmissible, tandis que la phthisie produite par un vice fonctionnel ne l'est point, il faut admettre que les changements de structure d'où résulte la diathèse phthisique, peuvent-être causés chez les parents par des changements de fonction, et hérités par les enfants. Mais le fait le plus saillant, qu'on a depuis peu mis en lumière, c'est que des désordres fonctionnels d'origine artificielle peuvent se transmettre aux rejetons. Il y a quelques années, M. Brown-Sequard, dans le cours de ses recherches sur la nature et les causes de l'épilepsie, a fait connaître une façon de produire artificiellement cette maladie. Il faisait surtout ses expériences sur des cochons d'Inde; et finit par découvrir ce fait remarquable, que les jeunes de ces cochons d'Inde étaient épileptiques : l'épilepsie d'origine fonctionnelle des parents était devenue une épilepsie constitutionnelle dans les rejetons. Voilà un fait qui, à lui tout seul, trancherait la question. Voilà une forme spéciale d'action nerveuse qui n'est point l'effet d'une variation naturelle de structure quelconque née spontanément dans l'organisme, mais celui d'une certaine application de forces externes. Voilà une

forme spéciale d'action nerveuse qui se fixe par la répétition; les accès sont de plus en plus facilement provoqués; voilà l'*habitude* épileptique fixée. Cela veut dire que les actions nerveuses reliées ensemble qui constituent un accès, produisent dans le système nerveux de tels changements de structure, que les actions nerveuses de même espèce reliées ensemble qui viennent après, se suivent avec une facilité qui va en augmentant. Le fait de l'hérédité de cette habitude épileptique prouve d'une façon concluante que les modifications de structure produites par des modifications de fonction, sont imprimées sur l'organisme entier de manière à affecter les centres reproductifs, et à faire qu'ils se développent en des organismes qui présentent les mêmes modifications.

La transmission d'une sensibilité nerveuse exagérée, dont nous avons parlé un peu plus haut, nous offre un exemple à peu près du même genre, et non moins significatif. Cet état est commun surtout chez les gens qui soumettent leur cerveau à un travail considérable. Nous trouvons chez eux la modification constitutionnelle *produite* par excès de fonction, alors que leurs parents n'étaient pas nerveux; et ordinairement la modification se transmet plus ou moins à leurs enfants.

§ 83. Il reste à noter deux manifestations d'hérédité. L'une est le retour dans le rejeton de traits qui ne se trouvaient pas chez les parents, mais chez des grands parents ou des ancêtres éloignés. L'autre est la limitation de l'hérédité par le sexe, la restriction de certaines particularités transmises au rejeton du même sexe que le parent qui les possède.

L'atavisme, c'est le nom que l'on donne au retour des traits des ancêtres, est prouvé par des faits nombreux et

variés. Dans les galeries de tableaux des vieilles familles, et sur les tables de bronze monumentales conservées dans les églises voisines, on voit souvent des types de physionomie qui de temps en temps se répètent dans les membres de ces familles. Tout le monde a pu remarquer que certaines maladies constitutionnelles, comme la goutte ou la folie, après avoir sauté une génération, se montrent dans la suivante.

Le docteur Struthers, dans l'article que nous avons cité plus haut, intitulé « des variations dans le nombre des doigts, des orteils et des phalanges chez l'homme », cite des exemples de malformation communes au grand-père et au petit-fils, mais il n'en existait pas trace chez le père. Girou, cité par M. Sedgwick, nous dit qu' « on est souvent surpris de voir des agneaux noirs, ou tachetés de noir, nés de brebis et de béliers à toison blanche, mais que si l'on prend la peine de rechercher l'origine de ce phénomène, on le trouve chez les ancêtres. » M. Darwin rapporte des faits où l'éloignement des ancêtres dont les traits ont été reproduits, est très-grand. Il nous apprend que dans les croisements opérés entre les variétés de pigeons, on voit quelquefois reparaître le plumage du pigeon de montagne primitif, d'où les variétés descendent; il cite encore le fait des zébrures que l'on peut quelquefois distinguer dans les chevaux, fait qui a la même signification.

On ne saurait encore considérer comme établie la limitation de l'hérédité par le sexe. Si dans bien des cas les exemples en sont clairs, il en est d'autres où elle ne se montre qu'à un faible degré, si toutefois on peut la reconnaître. Dans le travail de M. Sedgwick, déjà cité, on trouvera un fait qui implique une tendance à la limitation, qui se montre ou ne se montre pas distinctement, suivant la nature de la modi-

fication organique à transmettre. Mais avant de s'arrêter à une conclusion positive, il faudrait réunir un plus grand nombre de faits.

§ 84. Il ne faut pas demander à la Biologie, dans son état actuel, une explication de l'hérédité. Nous ne devons pas prétendre à plus qu'à la simplification du problème; tout ce que nous pouvons faire, c'est de le ramener à la catégorie de ces problèmes qui n'admettent qu'une solution hypothétique. Si parmi les hypothèses que des phénomènes très-généraux nous ont imposées, il en est une qui rende les phénomènes d'hérédité plus intelligibles qu'ils ne le paraissent en ce moment, nous aurons raison de l'adopter. Une preuve de la vérité d'une méthode d'interprétation, c'est qu'elle est susceptible de s'appliquer à deux classes de faits différentes mais voisines.

La propriété que possèdent les organismes de reproduire les parties perdues, nous l'avons vu, est inexplicable si l'on n'admet l'hypothèse que les unités dont un organisme se compose ont une tendance native à s'arranger sous la forme de cet organisme (§ 65). Nous avons conclu que ces unités doivent posséder des polarités spéciales, en conséquence de leurs structures spéciales; et que par le jeu naturel de leur polarité chaque unité est forcée de prendre la forme de l'espèce à laquelle elle appartient. Le fait du *Begonia phyllomaniaca* ne nous permet pas d'esquiver l'hypothèse que l'aptitude à s'arranger sous une telle forme, ne soit latente dans les unités contenues dans toute cellule indifférenciée. D'autres suppositions que nous avons indiquées ensuite à propos des caractères des cellules spermatiques et des cellules germinatives, sont tout à fait en harmonie avec cette conclusion. Nous avons trouvé des raisons de rejeter la supposition que ces cellules sont très-spécialisées, et d'ad-

mettre la supposition opposée que ce sont des cellules différant des autres bien plutôt en ce qu'elles sont non-spécialisées. L'hypothèse vers laquelle nous paraissons portés par l'*ensemble* des faits, c'est que les cellules spermatiques et les cellules germinatives ne sont au fond que des véhicules, portant de petits groupes d'unités physiologiques dans un état convenable pour obéir à leur penchant vers l'arrangement de structure de l'espèce à laquelle elles appartiennent.

Nous voyons par là que les phénomènes d'hérédité ressemblent à d'autres phénomènes; et l'hypothèse que ces autres phénomènes nous obligent d'admettre, les phénomènes d'hérédité nous obligent également de l'accepter. Nous devons conclure que la ressemblance d'un organisme à l'un ou l'autre de ses parents, est le résultat des tendances spéciales des unités physiologiques dérivées de ce parent. Dans le germe fécondé il existe deux groupes d'unités physiologiques, légèrement différents dans leurs structures. Ces unités légèrement différentes se multiplient séparément aux dépens de la substance nutritive fournie au germe qui se développe; chaque espèce modelant sa substance nutritive en unités de son propre type. Tout le temps de l'évolution, les deux espèces d'unités se ressemblent principalement dans leur polarité et dans la forme sous laquelle elles tendent à se construire, seulement, comme elles ont aussi des différences secondaires, elles travaillent à l'unisson pour produire un organisme de l'espèce d'où elles sont dérivées, mais elles travaillent en opposition l'une avec l'autre pour produire des exemplaires des organismes-parents d'où elles sortent respectivement. Il en résulte, en définitive, un organisme où les traits d'une unité se trouvent mêlés à ceux de l'autre.

Si telle est la cause de la ressemblance du rejeton avec les

parents, il devient évident, *à priori*, qu'outre la transmission des particularités spécifiques, il y aura une transmission des particularités individuelles qui, naissant sans causes assignables, sont appelées *spontanées*. En effet, si l'hypothèse d'un arrangement spécial de parties par un organisme est dû à la tendance de ses unités physiologiques vers cet arrangement, l'hypothèse d'un arrangement de parties légèrement différent de celui de l'espèce, implique des unités physiologiques légèrement différentes de celles de l'espèce; et ces unités physiologiques légèrement différentes, transmises par l'intermédiaire des cellules spermatiques ou des cellules germinatives, tendront dans le rejeton à se construire sous forme d'une structure qui s'éloigne pareillement du type moyen de l'espèce.

Toutefois, il n'est pas également évident, *à priori*, que dans cette hypothèse, les altérations de structure, causées par des altérations de fonction, doivent se transmettre au rejeton. Il n'est pas évident qu'un changement dans la forme d'une partie, causé par une action changée, implique un changement dans les unités physiologiques de tout l'organisme, tel que ces unités, quand les groupes qu'elles composent se trouveront détachés des parents sous forme de centres reproducteurs, se développent sous forme d'organismes où cette même partie soit pareillement changée de forme. En traitant de l'adaptation (§ 69), nous avons vu qu'il faut beaucoup de temps à un organe modifié par accroissement ou décroissement de fonction, pour réagir sur l'organisme en général, de façon à faire surgir les changements corrélatifs nécessaires à la production d'un nouvel équilibre; et pourtant c'est seulement quand cet équilibre nouveau s'est établi, que nous pouvons nous attendre à en trouver une *pleine* expression dans les unités physiologiques dont l'organisme

est construit ; alors seulement nous pouvons compter sur une transmission complète de la modification aux descendants. Néanmoins, il semble que les changements de structure causés par des changements d'action, doivent aussi se transmettre, bien qu'obscurément, d'une génération à l'autre, en vertu d'un corollaire des premiers principes; sinon d'un corollaire spécifique, du moins d'une conséquence qui y est impliquée d'une manière générale. En effet, si un organisme A se trouve en vertu d'une habitude ou d'une condition particulière de vie, modifié sous la forme A', il en résulte inévitablement que toutes les fonctions de A', la fonction reproductive comprise, doivent différer à quelque degré des fonctions de A. Un organisme étant une combinaison de parties qui jouent rhythmiquement un rôle dans la constitution d'un équilibre mobile, il est impossible de changer l'action et la structure de l'une quelconque de ses parties, sans causer des changements d'action et de structure dans toutes les autres : c'est ainsi qu'aucun membre du système solaire ne saurait être modifié dans son mouvement ou sa masse, sans produire des réarrangements dans toute l'étendue du système solaire. Si un organisme A, une fois changé en A', doit être changé dans toutes ses fonctions, le rejeton de A', ne saurait être le même ni pourvu des mêmes fonctions que s'il avait retenu la forme A. Ce serait nier implicitement la persistance de la force que de dire que A peut être changé en A', et peut néanmoins donner un rejeton exactement semblable à ceux qu'il aurait donnés s'il n'avait pas été changé. La nécessité qui veut que le changement dans le rejeton soit, toutes choses égales d'ailleurs, dans le même sens que celui du parent, nous apparaît un peu obscurément comme impliquée dans le fait que le changement propagé dans le système du parent constitue un changement vers un nouvel état d'équilibre, changement ten-

dant à mettre les actes de tous les organes, y compris ceux de la reproduction, en harmonie avec ces actes nouveaux. Ou bien encore, pour ramener la question à sa forme définitive et la plus simple, nous dirions que comme, d'une part, les unités physiologiques se disposent, en vertu de leurs propriétés polaires spéciales, pour former un organisme d'une structure spéciale, d'autre part, aussi, si la structure de cet organisme est modifiée par la fonction modifiée, elle imprimera une modification correspondante aux structures et aux propriétés polaires de ses unités. Les unités et l'agrégat doivent agir et réagir l'un sur l'autre. Les forces exercées par chaque unité sur l'agrégat et par l'agrégat sur chaque unité, doivent toujours tendre vers un état d'équilibre. Si rien ne s'y oppose, les unités modèleront les agrégats sous une forme en équilibre avec leurs propriétés polaires préexistantes. Au contraire, si des actions incidentes font prendre à l'agrégat une nouvelle forme, ses forces doivent tendre à remodeler les unités d'une façon harmonique à cette nouvelle forme. Mais dire que les unités physiologiques sont à quelque degré que ce soit, remodelées de telle sorte qu'elles aient leurs forces polaires en équilibre avec celles de l'agrégat modifié, c'est dire que ces unités, lorsqu'elles seront séparées sous forme de centres de reproduction, tendront à s'édifier en un agrégat modifié dans la même direction.

CHAPITRE IX

VARIATION

§ 85. A côté du principe que tout organisme présente une ressemblance générale avec ses parents, il en est un *autre* non moins frappant, c'est que nul organisme n'est exactement semblable à l'un ou à l'autre de ses parents. Il leur ressemble sans doute à l'un et à l'autre par les traits *généri*ques et spécifiques et, d'ordinaire aussi, par ceux qui distinguent la variété, mais il s'en écarte par des traits nombreux d'une importance moindre. Il n'existe pas *deux plantes* qu'on ne puisse distinguer; on ne trouverait pas deux animaux ne présentant aucune différence. La variation a un domaine aussi étendu que l'hérédité.

Les degrés de variation sont innombrables. Il y a des déviations si légères qu'on a de la peine à les découvrir; *et il y* a des déviations assez grandes pour mériter le nom de monstruosité. Dans le règne végétal, nous pouvons passer par tous les degrés depuis une modification légère, de la *forme* ou de la texture de la feuille, jusqu'à des déformations qui nous présentent au lieu d'une fleur avec un calice inséré au-dessus de l'ovaire, une fleur avec un calice *au-dessous* de l'ovaire. Dans le règne animal, nous voyons à une extré-

mité de l'échelle des variations une différence à peine sensible de la longueur ou de la couleur des poils, et à l'autre, un organe surnuméraire apparaître, ou un organe manquer. Sans doute les variations légères sont de beaucoup les plus générales, mais celles qui ont une grandeur considérable ne sont point rares; les variations mêmes que constituent une addition ou une suppression de parties ne sont pas tellement rares qu'elles ne doivent pas figurer sur la liste des causes qui contribuent à changer les formes organiques. On voit fréquemment des bœufs sans cornes. Parmi les moutons il y a des races cornues et des races qui ont perdu leurs cornes. Il a existé en Écosse une race de cochons solipèdes, au lieu que les autres ont le pied fendu. Chez les pigeons, selon M. Darwin, « le nombre des vertèbres sacrées et caudales varie, comme aussi le nombre des côtes, en même temps que leur largeur relative et qu'il s'y développe des apophyses. »

Nous avons vu dans le dernier chapitre que les variations grandes et petites, qui naissent sans cause appréciable, tendent à devenir héréditaires. Ajoutons que les faits qui démontrent l'hérédité dans ses plus petites manifestations sont les mêmes qui prouvent la variation; en effet, l'hérédité d'une modification quelconque qui s'ajoute aux particularités structurales de l'espèce, ne peut être démontrée que lorsqu'il se produit une variation. Toutefois il nous reste à remarquer que la transmission des variations est elle-même variable, et qu'elle varie aussi bien dans le sens de la croissance que dans celui de la décroissance. Un trait appartenant à l'un des parents peut être contre-balancé par l'influence de l'autre au point de ne pàs apparaître dans le rejeton; et, s'il ne l'est pas, le rejeton peut le posséder au même degré ou peut-être à un degré moindre, ou bien le rejeton peut nous

le présenter à un degré encore supérieur. De tous les faits que nous pourrions citer à l'appui, un seul suffira. Je l'emprunte à l'essai de M. Struthers, dont j'ai parlé dans mon dernier chapitre.

« La trisaïeule Esther P. (mariée à A. L.) avait six doigts à une main dont deux petits doigts. Elle eut dix-huit enfants (douze filles et six garçons) ; un seul, appelé Charles, présentait la variété digitale. Nous avons l'histoire des descendants de trois de ses fils, André, Charles et Jacques.

» 1. André L. a eu deux fils, Thomas et André ; Thomas eut deux fils qui ne présentaient aucune variété digitale. Nous voyons là trois générations successives sans que la variété de la bisaïeule apparaisse.

» 2. Jacques L., qui ne portait aucune variété, a eu deux fils et sept filles également sans aucune variété digitale. Une des filles, devenue Madame J. (l'une des personnes qui fournissent les renseignements), a eu trois filles et cinq fils, tous sans variation, sauf l'un des fils, Jacques J., âgé maintenant de dix-sept ans, qui a six doigts à chaque main...

» Dans cette branche des descendants d'Esther, nous voyons la variation sauter deux générations et se montrer ensuite aux deux mains.

» 3. Charles L., le seul fils d'Esther qui portât la variation digitale, avait six doigts à chaque main. Il eut trois fils, Jacques, Thomas et Jean, tous portaient six doigts à chaque main. Jean avait en outre six orteils à un pied. Charles L. eut aussi cinq autre fils et quatre filles qui n'offraient aucune variation.

» *a*. Parmi les enfants, tous normalement conformés de Charles L., formant la troisième génération, les cinq fils ont eu douze fils et douze filles, et les quatre filles ont eu quatre fils et quatre filles, formant la quatrième génération ; tous

sont normalement conformés. Une cinquième génération de ce sous-groupe consiste jusqu'ici en deux garçons et deux filles seulement, qui sont aussi normalement conformés.

« Dans cette sous-branche, nous voyons la variété de la première génération sauter la troisième et la quatrième, et aussi la cinquième au moins jusqu'ici.

» *b*. Jacques L. a eu trois fils et deux filles, qui sont sans variation.

» *c*. Thomas L. a eu quatre fils et cinq filles normalement conformés; il a deux petits-fils aussi normalement conformés.

» Dans cette sous-branche de la descendance, nous voyons la variété de la première génération se montrer dans la seconde et la troisième, sauter la quatrième et la cinquième, du moins telle qu'elle est constituée pour le moment.

» *d*. Jean L. (l'une des personnes qui donnent les renseignements) a six doigts. Le doigt surnuméraire est attaché au côté externe comme chez ses frères Jacques et Thomas. Ils avaient tous subi l'ablation de ce doigt. Jean a de plus un troisième orteil à un pied, situé au côté externe. Les cinquième et sixième orteils ont la première phalange commune; les deuxième et troisième phalanges sont engagées dans un tégument commun; chaque doigt a un ongle distinct.

» Jean L. a un fils sans variété, et une fille, Jeanne, qui est née avec six doigts à chaque main et six orteils à chaque pied. Les sixièmes doigts ont été amputés, les sixièmes orteils ne sont pas réunis dans la même enveloppe tégumentaire avec les cinquièmes, comme chez le père ; ils en sont distincts. Le fils a un fils et une fille qui, comme lui, sont normalement conformés.

» Dans cette sous-branche, la plus intéressante de la descendance, nous voyons un accroissement du nombre des

doigts, qui apparaît à la première génération à un membre; à la seconde aux deux, c'est-à-dire aux deux mains; à la troisième à trois membres, les mains et un pied; à la quatrième aux quatre membres. Il n'y a pas eu jusqu'ici de cinquième génération dans la transmission ininterrompue de la variété. La variété ne se montre encore chez aucun membre de la cinquième génération des descendants d'Esther, qui se compose jusqu'à présent de trois garçons et d'une fille seulement, dont les parents étaient normalement conformés, et de deux garçons et deux filles dont les grands-parents étaient normalement conformés. On ne sait pas si chez la trisaïeule Esther P. la variété était originelle ou héréditaire (1). »

§ 86. Lorsqu'il y a une grande uniformité chez les membres d'une espèce, les divergences par où le rejeton s'éloigne du type moyen sont ordinairement faibles; mais lorsque, chez les membres d'une espèce, une dissemblance considérable s'est une fois établie, les dissemblances produites chez le rejeton sont fréquentes et considérables. Les plantes sauvages qui poussent sur leur habitat naturel, sont uniformes sur de grandes étendues de terrain, et conservent de génération en génération des structures semblables; mais quand la culture a causé des différences appréciables chez les membres d'une espèce végétale, des variations étendues et nombreuses peuvent apparaître. Pareillement, entre les animaux sauvages ou domestiques d'une même espèce, nous voyons le contraste qui résulte de ce que les races sauvages homogènes conser-

(1) Cet exemple remarquable paraît militer contre la conclusion que nous avons tirée quelques pages plus haut, que l'accroissement d'une particularité par coïncidence de *variations spontanées* dans les générations successives est très-improbable; et que les supériorités spéciales des compositeurs de musique ne sauraient avoir cette origine. Nous répondrons que l'extrême fréquence de ce fait dans une classe aussi peu étendue que celle des compositeurs de musique, interdit cette interprétation.

vent leur type avec une grande ténacité, tandis que les races domestiques comparativement hétérogènes produisent fréquemment des individus plus différents du type moyen que ne l'étaient les parents.

Quoique la dissemblance qui existe entre les parents soit un antécédent de variation, il s'en faut qu'il en soit l'unique antécédent. S'il en était ainsi, les jeunes qui naissent successivement des mêmes parents seraient semblables. Si une particularité quelconque d'un organisme nouveau était une résultante directe des différences de structure existant entre les deux organismes qui l'ont produite, tous les organismes nouveaux subséquents produits par ces deux organismes, présenteraient la même particularité. Mais nous savons que les rejetons successifs ont des particularités différentes : il n'en est pas deux qui soient exactement semblables.

Une cause de cette variation de structure dans la lignée est la variation des fonctions chez les parents. Nous en avons la preuve dans le fait que, dans la lignée des mêmes parents, il y a plus de différence entre les jeunes engendrés sous l'influence de différents états constitutionnels qu'entre ceux engendrés sous l'influence du même état constitutionnel. Il est notoire que les jumeaux sont bien plus ressemblants que les enfants qui naissent l'un après l'autre. Les conditions fonctionnelles des parents étant les mêmes pour les jumeaux, mais non les mêmes pour leurs frères et leurs sœurs (tous les autres antécédents demeurant constants), nous n'avons qu'à admettre que les variations dans les conditions fonctionnelles des parents sont les antécédents de ces dissemblances plus grandes que présentent leurs frères et leurs sœurs.

Il reste cependant d'autres antécédents. Les parents restant les mêmes, et leurs états constitutionnels les mêmes, une variation plus ou moins marquée se manifeste encore. Les vé-

gétaux nés de semences d'un même fruit, et les animaux produits d'une même portée, ne sont pas semblables; et quelquefois diffèrent considérablement. Dans une portée de cochons ou de petits chats, nous observons rarement l'uniformité des caractères : quelquefois, il y a des contrastes de structure importants. J'ai eu moi-même récemment l'occasion de voir une portée de petits chiens de Terre-Neuve, dont quelques-uns avaient quatre doigts à la patte, au lieu que chez d'autres, il y avait à chaque patte de derrière un cinquième doigt rudimentaire.

Ainsi l'induction nous indique trois causes de variations, toutes trois agissant en même temps. D'abord, c'est l'hétérogénéité chez les parents, qui, si elle agissait seule et d'une manière uniforme pour engendrer, par l'effet d'une composition de forces, de nouvelles déviations, imprimerait des déviations nouvelles de même étendue à tous les rejetons des mêmes parents; ce qui n'est pas. Ensuite, c'est la variation des fonctions chez les parents qui agissant soit seule, soit combinée avec la cause précédente, causerait de pareilles variations chez tous les jeunes produits simultanément; ce qui n'est pas. Il y a donc une troisième cause de variation, encore à chercher, qui agit avec les variations structurales et fonctionnelles des ancêtres et des parents.

§ 87. Nous venons d'entrevoir qu'il existe une relation entre la variation et l'action des conditions externes. Le contraste que nous avons déjà signalé entre l'uniformité des espèces sauvages et la multiformité de la même espèce à l'état de culture ou de domestication, nous fait croire à cette relation. A propos des déviations des végétaux, M. Darwin fait remarquer qu'elles sont extrêmement rares à l'état de nature, et qu'à l'état de culture elles sont loin de

l'être. » D'autres naturalistes qui ont étudié la question affirment, que si une espèce de plante qui, jusqu'à un certain moment, a conservé une grande uniformité, vient une fois à avoir sa constitution complétement troublée, elle continue à varier indéfiniment. Sans doute, l'éloignement de l'époque à laquelle une espèce a été domestiquée est cause que nous manquons de faits positifs, capables de démontrer que nos animaux domestiques, si variables, le sont devenus sous l'influence d'un changement de condition impliqué par la domestication, et qu'auparavant ils avaient des caractères d'une fixité constante; mais les juges compétents ne doutent pas que les choses ne se soient passées ainsi.

Or, le trouble constitutionnel qui précède la variation ne saurait être autre chose qu'un renversement de l'équilibre des fonctions qui existait auparavant. Quand on transporte une plante d'un terrain boisé dans un champ labouré ou dans un jardin bien fumé, on change réellement l'équilibre des forces auquel elle avait été soumise jusqu'alors; on lui fournit en proportions différentes les matières assimilables dont elle a besoin et l'on supprime certains obstacles qui s'opposaient à sa croissance, par exemple ceux qui provenaient auparavant de la concurrence des plantes sauvages. Un animal arraché aux forêts ou aux plaines où il vivait de la nourriture sauvage qu'il se procurait lui-même, et soumis désormais à une vie de contrainte, bien que pourvu d'une nourriture qui ne ressemble pas exactement à celle qu'il trouvait auparavant, est un animal soumis à de nouvelles actions externes, auxquelles il faut que ses actions internes s'accommodent. Nous avons vu que la loi générale de l'équilibre a pour conséquence que « la conservation de cet équilibre mobile » qu'un organisme manifeste, « exige la genèse habituelle de forces internes correspondant en

nombre, direction et quantité, aux forces incidentes externes, c'est-à-dire autant de fonctions internes, isolées ou combinées, qu'il y a d'actions externes, isolées ou combinées, à contre-balancer. » (*Premiers principes*, § 173.) Plus récemment (§ 27), nous avons vu que la vie même est « la combinaison définie de changements hétérogènes, à la fois simultanés et successifs, en correspondance avec des coexistences et des séquences externes. » Nécessairement, donc, un organisme exposé à des changements permanents dans l'arrangement des forces externes doit subir un changement permanent dans l'arrangement des forces internes. Il faut que l'ancien équilibre soit détruit, et qu'un équilibre nouveau soit établi. Il faut qu'il y ait des perturbations de fonctions qui aboutissent à un rajustement de l'équilibre des fonctions.

Si donc un changement de conditions est la seule cause connue de la destruction de l'homogénéité originelle d'une espèce, si un changement de conditions ne peut affecter un organisme qu'en modifiant ses fonctions, il s'ensuit que la modification des fonctions est la seule cause interne connue à laquelle on puisse attribuer le commencement de la variation. Les changements fonctionnels secondaires que les parents subissent d'année en année ont une influence sur le rejeton, nous en avons vu la preuve en constatant qu'entre des enfants nés de mêmes parents à des époques différentes, il y a plus de différence qu'entre des jumeaux. Nous voilà forcés de conclure que les variations de fonctions plus grandes produites par des changements extérieurs plus grands, sont les causes qui mettent en train ces variations de structure qui, une fois commencées dans une espèce, conduisent par leurs combinaisons et leurs antagonismes à des résultats multiformes. Si elles n'en sont pas les causes directes, elles en sont au moins les causes indirectes.

§ 88. Les variations de fonction ne sont pas dans tous les cas, ni même dans la plupart des cas, les causes directes, c'est évident. S'il en était ainsi, des dissemblances qui existent entre les plantes sorties de semences provenant d'un même ovaire, ou entre des animaux appartenant à la même portée, demeureraient inexplicables. Dans ces cas, tous les antécédents, structuraux ou fonctionnels, semblent avoir été les mêmes pour chacun des nouveaux organismes. Toute déviation causée par des différences structurales ou des perturbations fonctionnelles chez les parents, doivent être le partage égal de tous les rejetons produits simultanément. Par suite, l'explication des variations qui naissent dans de telles conditions est encore à chercher.

Ces variations sont celles qu'on appelle *spontanées*. Non que par cette dénomination ou par toute autre équivalente, on veuille dire qu'elles n'ont point de cause. M. Darwin se défend de cette interprétation. « Jusqu'ici, dit-il, il m'est arrivé quelquefois de parler comme si les variations, si communes et si multiformes chez les êtres organiques soumis à la domestication, et à un degré moindre chez ceux qui sont restés à l'état de nature, étaient dues au hasard. Cette manière de parler est tout à fait inexacte, mais elle a au moins l'avantage d'avouer loyalement notre ignorance des causes de chacune de ces variations en particulier. » Non-seulement je suis de l'avis de M. Darwin, qu'il doit y avoir une cause à ces variations en apparence spontanées, mais je pense qu'on peut leur assigner une cause définie. Je pense qu'il est possible de montrer qu'une dissemblance doit nécessairement se produire entre les individus nouveaux engendrés simultanément par les mêmes parents. Loin que la production de ces variations soit inexplicable, nous allons voir que c'est leur non-production qui est inexplicable.

Dans une série quelconque de changements dépendants, une différence initiale légère entraîne souvent une différence considérable dans les résultats. La façon dont une certaine vague vient battre le rivage, peut décider si telle semence d'une plante étrangère qu'elle transporte, sera ou non déposée sur la rive, c'est-à-dire pourra être cause de la présence ou de l'absence de cette plante dans la flore du pays, et par là affecter, pour des millions d'années, de mille et mille manières, les créatures qui vivent sur cette terre. Un simple contact, qui introduit dans le corps une substance morbide peut mettre en branle une série extrêmement compliquée de troubles fonctionnels et d'altérations de structure. Toute une vie peut être changée par un mot d'avertissement, un signe de l'œil peut déterminer une action qui change les idées, les sentiments et les actes durant une longue suite d'années. Dans les combinaisons de changements plus compliquées encore que nous offrent les sociétés, cette vérité est bien plus frappante. Une différence de l'épaisseur d'un cheveu dans la direction du fusil d'un soldat à la bataille d'Arcole, en amenant la mort de Bonaparte, eût changé le cours des événements dans toute l'étendue de l'Europe : sans doute l'organisation sociale de chaque pays de l'Europe serait aujourd'hui à peu près ce qu'elle est, mais d'innombrables détails auraient été tout autres.

On pourrait remplir bien des pages d'exemples comme ceux-ci : ils nous préparent à admettre la conclusion que des organismes produits par les mêmes parents, au même moment, doivent être plus ou moins différenciés tant par des différences initiales insensibles, que par de légères différences dans les conditions auxquelles ils sont soumis durant leur évolution. Nous n'entendons pas nous borner à supposer ces différences initiales; on peut démontrer qu'elles

sont nécessaires. Les cellules germinatives individuelles qui, en série successive ou simultanément, se séparent du même parent, ne sauraient jamais être exactement semblables; les cellules spermatiques qui les fécondent ne le peuvent pas davantage. Quand nous avons traité la question de l'instabilité de l'homogène (*Premiers principes*, 149), nous avons vu que dans un agrégat il n'y a jamais deux parties qui soient soumises à des conditions égales quant aux forces incidentes, et que, soumises à des forces plus ou moins différentes, elles doivent devenir plus ou moins différentes. Par suite, il n'y a pas deux œufs dans un ovaire d'animal, pas deux ovules dans un ovaire de fleurs, pas deux spermatozoïdes, pas deux cellules polliniques, qui soient identiques. Que d'autres différences se produisent ou non, il se produira certainement des différences quantitatives, puisque le cours de la nutrition ne saurait être absolument semblable pour tous. Les centres de reproduction doivent commencer à se différencier dès le début même. Si telles sont les nécessités qui régissent le fait, qu'arrivera-t-il à la suite des fécondations successives ou simultanées? Il résultera inévitablement plus ou moins de dissemblance entre les influences combinées des parents dans chaque cas. C'est le résultat forcé des différences quantitatives entre les cellules spermatiques et les cellules germinatives. Étant donné que le nombre des unités physiologiques contenues dans une cellule reproductrice ne saurait être que bien rarement, si jamais, égal exactement au nombre contenu dans une autre arrivée à maturité en même temps, ou à une époque différente, il en résulte que parmi les germes fécondés produits par les mêmes parents, les unités physiologiques dérivées de chaque parent, présenteront un rapport numérique différent les unes avec les autres dans chaque cas. Or, si les parents sont constitution-

nellement semblables, c'est-à-dire semblables par les propriétés polaires de leurs unités physiologiques, la variation dans la proportion entre les unités physiologiques qu'ils lèguent chacun aux germes fécondés, ne saurait causer de dissemblance, entre les rejetons. Mais s'il en est autrement il n'y aura pas deux rejetons qui puissent être semblables. Dans chaque cas, la légère différence initiale dans les proportions de deux unités légèrement dissemblables, conduira, durant l'évolution, à une multiplication de différences; la divergence insensible au début engendrera des divergences sensibles à la fin. Peut-être, dira-t-on en conséquence, que, si dans ces cas les rejetons doivent différer quelque peu entre eux et avec les deux parents, il faut pourtant qu'il y ait en chacun d'eux un mélange homogène des traits des deux parents. Un moment d'attention fait voir que l'on peut conclure le contraire. Si dans le cours du développement, les unités physiologiques dérivées de chaque parent conservaient la même proportion entre elles dans toutes les parties de l'organisme grandissant, chaque organe présenterait autant que tout autre, l'effet de l'influence de chaque parent. Mais nous savons, *à priori* qu'aucune distribution uniforme de ce genre n'est possible. Nous avons vu (*Premiers principes*, § 163) que dans tout agrégat d'unités mélangé, la ségrégation doit inévitablement se faire. Des forces incidentes tendront toujours à causer la dissociation des deux ordres d'unités, pour intégrer des groupes d'un ordre en un endroit, et des groupes de l'autre en un autre endroit. Par suite ce qui doit se produire, ce n'est pas une moyenne homogène entre les deux parents, mais un mélange d'organes dont quelques-uns suivent le type de l'un des parents et les autres le type de l'autre. Tel est le genre de mélange que l'observation nous présente.

On pourrait encore objecter que bien que les attributs des deux parents soient diversement mêlés dans leurs divers rejetons, ils doivent en somme dans tous les rejetons faire une part égale aux extrêmes existants dans les deux parents. Le germe ne pourrait différer des deux parents par aucun trait s'il n'y avait d'autre cause de *variation spontanée* que celle dont nous parlons. Évidemment, devons-nous dire, il y a une cause qui n'est pas encore trouvée.

§ 89. Jusqu'ici nous avons examiné le fait à son point de vue le plus simple. En supposant les deux parents un peu dissemblables, nous avons admis que chacun d'eux a une constitution homogène, c'est-à-dire qu'il est construit avec des unités physiologiques exactement semblables. Mais dans aucun cas il ne saurait exister une telle homogénéité. Chaque parent a eu des parents plus ou moins dissemblables; chaque parent a donc hérité au moins deux ordres d'unités physiologiques, qui ne sont pas absolument identiques. Voilà donc une première cause de variation. Les cellules spermatiques ou germinatives que tout organisme produit, différeront les unes des autres non-seulement quantitativement, mais encore qualitativement. Les unités physiologiques légèrement dissemblables, léguées à un organisme, ne sauraient exister habituellement dans les mêmes proportions dans les cellules reproductrices de cet organisme; et nous devons nous attendre à voir ces proportions varier non pas légèrement, mais considérablement. De même que, durant l'évolution d'un organisme, les unités physiologiques dérivées des deux parents tendent à se séparer, et à produire une ressemblance avec le parent mâle par tel trait, et avec le parent femelle par tel autre; de même, durant la formation des cellules reproductrices par cet organisme, il y aura dans une

cellule en nombre prépondérant, des unités physiologiques dérivées de l'un des parents, et dans une autre, encore en nombre prépondérant, des unités physiologiques dérivées de l'autre parent. L'instabilité de l'homogène ne nous permet pas de croire à une distribution égale des deux ordres d'unités dans les cellules reproductrices. Les inégalités une fois établies entre ces cellules doivent tendre toujours à se prononcer davantage; puisque partout où des unités d'un ordre donné ont commencé à se séparer, le cours de la différenciation et de l'intégration tend à les séparer de plus en plus. Ainsi donc, tout germe fécondé contient non-seulement des *quantités* différentes des deux influences des parents, mais il doit contenir des influences d'*espèces* différentes, tel germe portant le cachet d'un ancêtre maternel ou paternel, et tel autre celui d'un autre ancêtre.

Voilà la clef des variations multipliées, et dans quelques cas des variations extrêmes, qui se produisent dans les races qui ont commencé à varier. Parmi d'innombrables combinaisons différentes d'unités dérivées de parents, et par eux d'ancêtres immédiats ou éloignés, parmi les divers antagonismes de leurs propriétés polaires légèrement différentes, opposées ou concordantes entre elles de toutes les manières et à tous les degrés, il se produira de temps en temps des proportions spéciales causant des déviations spéciales. D'après la loi générale des probabilités, on peut conclure que, si les influences compliquées dérivées d'un grand nombre d'ancêtres, doivent, la plupart du temps, se masquer et se neutraliser mutuellement en partie, il doit en résulter de temps en temps des combinaisons de nature à produire des écarts considérables d'avec les structures moyennes; et en des occasions rares, des combinaisons de nature à produire des écarts très-marqués. Nous voyons donc que les résultats

qu'on peut inférer, et ceux que l'on constate habituellement, correspondent.

§ 90. Il reste encore une difficulté. On peut dire que si l'on admet que le changement fonctionnel est le point de départ de la variation, les unités physiologiques d'un organisme modifiées par une longue soumission à de nouvelles conditions, tendent à se modifier de manière à causer un changement de structure dans le rejeton, ce ne serait pourtant pas encore la cause de l'hétérogénéité que l'on admet entre les unités physiologiques des différents individus. C'est une objection qui paraît sérieuse, que tous les membres d'une espèce dont les circonstances ont été modifiées, devant être affectés de la même manière, les résultats, quand ils commencent à se montrer dans les descendants, doivent se montrer de la même manière : il ne se produira pas de variations multiformes, mais des déviations toutes dans le même sens.

La réponse est simple. Les membres d'une espèce dans de telles circonstances *ne* seront *pas* affectés pareillement. Comme il n'existe pas entre eux une uniformité absolue, les changements fonctionnels qui y sont causés seront plus ou moins dissemblables. De même que des hommes de dispositions légèrement dissemblables se conduisent de manières absolument opposées dans les mêmes circonstances, ou que des gens de constitutions légèrement différentes éprouvent des dérangements différents par l'effet de la même cause, et sont diversement influencés par le même remède ; de même les membres d'une même espèce, différenciés d'une manière insensible, dont les conditions ont été modifiées, peuvent tout d'un coup commencer à subir divers genres de changements fonctionnels. Comme nous l'avons déjà vu, de petites différences initiales peuvent conduire à des différences

finales considérables. Le froid plus intense du climat où une espèce a émigré, peut être cause qu'un individu consommera une plus grande quantité de nourriture pour compenser la perte de chaleur qu'il subit, tandis qu'un autre individu satisfera la même exigence en se couvrant d'un pelage plus épais. Il peut se faire aussi qu'en présence des nouvelles substances alimentaires fournies par la nouvelle région, un simple accident détermine un membre de l'espèce à commencer par une espèce de substance, et un autre membre par une autre. Cet accident peut donner naissance à de nouvelles habitudes chez chacun de ces membres et chez leurs descendants. Or, quand les divergences fonctionnelles ainsi inaugurées dans plusieurs familles d'une espèce ont duré assez longtemps pour affecter profondément leur constitution et pour modifier un peu les unités détachées dans leurs cellules reproductrices, la divergence que ces unités produiront dans le rejeton seront de divers genres. L'homogénéité originelle de constitution une fois détruite, la variation peut continuer avec une facilité croissante. Il se produira comme résultat un mélange hétérogène de modifications de structures, causées par des modifications de fonction et des modifications corrélatives encore plus nombreuses dues à la même cause. Grâce à la sélection naturelle des formes les plus divergentes, la dissemblance des parents deviendra plus marquée, et les limites de la variation plus étendues, jusqu'à ce qu'à la longue les divergences de constitution et de manières de vivre deviennent assez grandes pour amener la ségrégation des variétés.

§ 91. Il doit y avoir des variations, et ces variations doivent toujours tendre, indirectement et directement, à des modifications adaptatives : ces conclusions peuvent se dé-

duire des premiers principes, abstraction faite des interprétations détaillées semblables à celles que nous en avons déjà données. L'état d'homogénéité est un état instable : nous avons déjà vu que c'est une vérité universelle. Chaque espèce doit passer d'un état uniforme à un état plus ou moins multiforme, à moins que les forces externes qui l'affectent n'intéressent de la même manière chacun de ses membres, ce qui ne saurait jamais être. L'opération de différenciation et d'intégration, qui nécessairement unit, ou maintient réunis, les individus semblables, et en sépare les dissemblables, doit néanmoins être l'instrument qui conserve une espèce passablement uniforme, tant que les conditions où elle peut exister conservent à peu près leur uniformité. Mais si les conditions viennent à changer, soit d'une manière absolue par suite de quelque perturbation de l'habitat, ou d'une manière relative par suite de l'extension de l'espèce dans d'autres habitats, les individus divergents qui en résultent doivent être séparés par les différentes séries de conditions en variétés distinctes (*Premiers principes*, § 166). Quand, au lieu de considérer une espèce dans l'agrégat, nous nous bornons à suivre un seul membre de cette espèce et ses descendants, nous reconnaissons un corollaire de la loi générale d'équilibre dans ce fait, que l'équilibre mobile constitué par les actions vitales dans chaque membre de cette famille, doit demeurer constant tant que les actions externes auxquelles elles correspondent demeurent constantes; et que si les actions externes sont changées, l'équilibre des changements internes dérangé, sinon renversé, ne saurait cesser de subir des modifications jusqu'à ce que les changements internes se retrouvent de nouveau en équilibre avec les actions externes; grâce aux changements de structure qui se sont produits dans l'intervalle.

Ou bien, passant de ces lois dérivées aux lois fondamentales, nous voyons que la variation est nécessitée par la persistance de la force. Les membres d'une espèce, qui habitent une surface donnée, ne sauraient être soumis sur toute l'étendue de cette surface aux mêmes agrégats de forces. Si, dans les différentes parties de la surface, des genres différents ou des quantités différentes de forces agissent sur eux, ils ne peuvent pas ne pas devenir différents en eux-mêmes et dans leur lignée. Dire autre chose, c'est dire que des différences dans les forces ne produiront pas des différences dans les effets; ce qui revient à nier la persistance de la force.

Par suite, il est aussi évident qu'il ne saurait y avoir de variation de structure, si ce n'est celle qui est directement ou indirectement la conséquence de la variation de fonction. D'une part, les organismes en complet équilibre avec leurs conditions ne sauraient être changés, si ce n'est par le changement de leurs conditions; puisque, affirmer autre chose, ce serait affirmer qu'il peut y avoir un effet sans cause; ce qui revient à nier la persistance de la force. D'autre part, tout changement de conditions ne saurait affecter un organisme qu'en changeant les conditions qui agissent sur lui, c'est-à dire qu'en altérant ses fonctions. Les changements de fonctions tendant nécessairement vers une restauration de l'équilibre (car s'il n'en est pas ainsi, l'équilibre doit être détruit et la vie doit cesser, soit dans l'individu, soit dans ses descendants), il s'ensuit que les changements de structure causés directement sont des adaptations, et que les changements corrélatifs de structure causés indirectement sont les concomitants des adaptations. Par suite, bien que le commerce des organismes modifiés dans leurs fonctions et dans leurs structures en différents sens, donne lieu à des organismes qui s'écartent les uns des autres de manières

compliquées, en apparence sans relation avec les conditions externes, il faut encore regarder les déviations de ces organismes comme des résultats indirects d'adaptations fonctionnelles. Nous devons dire que, dans tous les cas, le changement adaptatif de fonction est la cause première et toujours agissante du changement de structure qui constitue la variation; et que la variation qui paraît *spontanée* est dérivée et secondaire.

CHAPITRE X

GENÈSE, HÉRÉDITÉ ET VARIATION

§ 92. Nous avons rencontré (§ 78 et 79) une question que nous avons résolue hypothétiquement et ajournée jusqu'après l'étude des questions d'hérédité et de variation. Nous allons la reprendre en la rattachant à plusieurs autres que les faits nous suggèrent.

Après avoir examiné les diverses méthodes par lesquelles la multiplication des organismes s'accomplit; après les avoir classées sous les deux titres d'homogenèse, ou méthode suivant laquelle les générations successives se produisent similairement, et hétérogenèse, ou méthode d'après laquelle les générations successives se produisent dissimilairement; après avoir remarqué que l'homogenèse est toujours une genèse sexuelle, nous sommes arrivés à nous poser les questions suivantes: comment se fait-il que certains organismes se multiplient d'une façon et d'autres de l'autre façon? pourquoi lorsque l'agamogénèse est la règle, se trouve-t-elle d'ordinaire interrompue de temps en temps par un retour à la gamogenése? En cherchant une réponse à cette question, nous avons demandé s'il y a des conditions communes à l'homogénèse, et à l'hétérogenèse, sous lesquelles seules les cellules spermatiques et

les cellules germinatives naissent et s'unissent pour produire des organismes nouveaux; et nous sommes arrivés à conclure que, dans tous les cas, ces deux genres de cellules naissent seulement quand l'état d'équilibre entre les forces productrices de la croissance et les forces antagonistes de la croissance n'est pas loin de s'établir. Cette réponse à la question, *quand* la gamogenèse revient-elle? laisse sans la résoudre l'autre question, *pourquoi* la gamogenèse revient-elle? A cette dernière, nous avons essayé de trouver une réponse disant que le moment où cet équilibre va s'établir dans les organismes, « est accompagné d'un état moléculaire voisin de l'équilibre moléculaire en eux; et que le besoin de l'union de la cellule spermatique et de la cellule germinative est le besoin de renverser cet équilibre et de rétablir un changement moléculaire actif dans le germe détaché, résultat qui s'opère probablement par le mélange des unités physiologiques légèrement différentes d'individus légèrement différents. » Nous allons examiner cette hypothèse. Voyons d'abord les faits que certains phénomènes inorganiques nous fournissent.

Les molécules d'un agrégat qui n'ont pas un arrangement équilibré, tendent inévitablement vers un arrangement équilibré. Ainsi que nous l'avons dit ailleurs (*Premiers principes*, § 103), le fer forgé amorphe, soumis à des vibrations continuelles, commence à s'arranger sous forme cristalline, ses atomes prennent un état d'équilibre polaire. Les particules de verre non recuit qui sont arrangées d'une façon tellement instable que de légères forces perturbatrices les séparent en petits groupes, profitent de la liberté plus grande de mouvement que leur donne une température élevée pour s'ajuster et prendre un état de repos relatif. Pendant que ces réarrangements s'opèrent, l'agrégat exerce une force coërcitive sur ses unités. De même que dans un cristal en voie de

croissance les atomes qu'il emprunte successivement à la solution pour se les assimiler, sont contraints par les atomes déjà cristallisés, de prendre une certaine forme, et même de refaire cette forme quand elle a été endommagée; de même dans une masse d'atomes arrangés d'une manière instable qui passent à un état d'arrangement stable, chaque atome obéit aux forces exercées sur lui par les autres atomes. C'est un corollaire de la loi générale d'équilibre. Nous avons vu (*Premiers principes*, § 170) que tout changement tend vers l'équilibre, et qu'il ne saurait cesser d'y avoir des changements, tant que l'équilibre n'est pas atteint. Les organismes par-dessus tous les autres agrégats, manifestent d'une façon frappante cette équilibration progressive, parce que leurs unités sont de telle espèce et conditionnées de telle sorte qu'elles comportent un réarrangement facile. Ces changements extrêmement actifs qui s'opèrent durant les premiers temps de l'évolution, impliquent un immense excès des forces moléculaires sur les forces antagonistes que les agrégats exercent sur les molécules. Tant que cet excès continue d'exister, il se dépense en croissance, développement et fonctions, c'est-à-dire en dépense pour une de ces fins, preuve que la portion de force emmagasinée sous forme de tension moléculaire reste sans contre-poids. Mais à la fin cet excès diminue. Ou bien, comme dans les organismes qui ne dépensent pas beaucoup de force, la décroissance de l'assimilation amène son déclin, ou bien, comme dans les organismes qui dépensent beaucoup de force, elle est contre-balancée par les réactions rapidement croissantes des agrégats (§ 46). La cessation de la croissance, quand elle est suivie de mort, comme dans certains organismes, implique l'établissement d'un équilibre entre les forces moléculaires et celles que l'agrégat leur oppose. Lorsque, comme dans

d'autres organismes, la croissance tend à l'établissement d'un équilibre mobile, cela suppose que la prépondérance des forces moléculaires a diminué au point de ne laisser subsister aucun excès sur la consommation nécessitée par les fonctions. L'activité fonctionnelle sur son déclin, caractère d'une vie déjà avancée, est le signe d'une nouvelle diminution de cette prépondérance. Quand les mouvements vitaux arrivent à leur terme, cela veut dire que les actions des unités sur l'agrégat et les réactions de l'agrégat sur les unités, sont complétement en équilibre. Par suite, si, d'une part, l'état de croissance rapide est le signe que le jeu des forces entre les unités d'un agrégat est de nature à produire une redistribution active ; d'autre part, la diminution et l'arrêt de développement montrent que les unités sont tombées les unes par rapport aux autres en des positions telles que la redistribution n'est plus aussi facile. Lors donc que nous voyons la gamogénèse ne revenir que lorsque la croissance décroît, ou est arrivée à son terme, nous devons dire qu'elle revient seulement quand les unités organiques s'approchent de l'équilibre c'est-à-dire seulement lorsque la contrainte qu'elles exercent les unes sur les autres les empêche de changer leurs arrangements sous l'influence de forces incidentes.

Il est assez évident *à priori* que les unités de formes semblables peuvent se disposer pour édifier des agrégats plus stables que les unités de formes légèrement dissemblables. Nous avons des faits qui prouvent qu'un mélange d'unités d'espèces voisines, mais un peu différentes, *cause* une instabilité relative. La plupart des alliages métalliques en sont la preuve. Le métal à souder, mélange de plomb et d'étain, fond à une température bien plus basse que ni le plomb, ni l'étain. L'alliage de plomb, d'étain et de bismuth, appelé « métal fusible », se liquéfie à la température de l'eau

bouillante, et pourtant le plomb ne se liquéfie qu'à 328° C, l'étain à 293° C, et le bismuth à 325° C.

L'exemple fourni par le potassium et le sodium est encore plus remarquable. Ces métaux sont très-voisins sur beaucoup de points, par leurs poids spécifiques, leurs poids atomiques, leurs affinités chimiques et les propriétés de leurs composés. C'est-à-dire que toutes les preuves s'unissent pour montrer que leurs unités, bien que n'étant pas identiques, ont une étroite ressemblance. Qu'arrive-t-il maintenant quand elles sont mêlées? Le potassium seul fond à 58° C; le sodium isolé fond à 90° C; mais l'alliage de potassium et de sodium est liquide à la température ordinaire de l'air. Voyons maintenant ce que signifient ces faits, exprimés en termes généraux. Le fait qu'un groupe d'unités conserve la forme solide, suppose que ces unités ont un arrangement si stable qu'il ne saurait être détruit par les forces incidentes. Au contraire, le fait qu'un groupe d'unités prend la forme liquide, implique que les forces incidentes suffisent pour détruire l'arrangement des unités. Dans un cas, les ondulations thermiques ne parviennent pas à déplacer les parties; dans l'autre, au contraire, les parties sont déplacées par les ondulations thermiques de telle façon qu'elles tombent dans un désordre complet, c'est-à-dire un désordre qui leur permet de s'arranger facilement dans un ordre nouveau. En effet, l'état liquide est un état dans lequel les unités sont tellement libres les unes à l'égard des autres, que les forces incidentes peuvent changer leurs positions relatives très-promptement. Nous avons donc raison de conclure qu'un agrégat d'unités qui, tout en étant en somme semblables entre elles, présentent des différences d'ordre secondaire, doit être plus instable qu'un agrégat d'unités homogènes : l'un cèdera aux forces perturbatrices auxquelles l'autre oppose une résistance victorieuse.

Or, quoique les atomes colloïdes dont les organismes sont principalement construits, soient eux-mêmes très-complexes, et quoique les unités physiologiques composées de ces atomes colloïdes doivent posséder des structures bien plus compliquées, il en doit être de ces unités comme des unités simples; celles qui ont des formes exactement semblables pourront s'arranger pour former un agrégat plus stable que celles qui ont des formes légèrement dissemblables. Chez les unités de cet ordre, comme chez les unités d'un ordre plus simple, une ressemblance imparfaite doit amener un équilibre polaire imparfait, et en conséquence une aptitude moindre à résister aux forces perturbatrices. Par suite, étant donné deux organismes qui, par la diminution de la nutrition ou l'accroissement de la dépense, se trouvent arrêtés dans leur croissance, c'est-à-dire étant donné dans chacun un état voisin de l'équilibre entre les forces des unités et les forces de l'agrégat; étant donné, disons-nous, un état d'équilibre relatif entre les unités, qui rende désormais difficile le réarrangement de ces unités par des forces incidentes; il s'ensuit que le fait d'unir un groupe d'unités provenant d'un organisme avec un groupe d'unités provenant d'un autre organisme, diminue la tendance vers l'équilibre, et rend les unités mélangées plus susceptibles d'être modifiées dans leurs arrangements par les forces qui agissent sur elles; les unités recouvrent alors une telle liberté qu'elles redeviennent susceptibles de la redistribution qui constitue l'évolution. Cette façon de comprendre la question est d'accord avec les résultats de l'observation sur les périodes initiales du développement. Quelques pages plus haut, nous avons avancé que la cellule spermatique et la cellule germinative arrivent chacune avant leur union à une condition d'équilibre. Quoique vraie approximativement, cette affirmation ne l'est pas lit-

téralement. Le docteur W. H. Ransom, qui a étudié la question avec un grand soin, nous apprend que l'œuf non fécondé continue, pendant quelque temps, à subir des changements semblables à ceux que subit l'œuf fécondé ; mais que ces changements ne tardent pas à languir et à s'arrêter, avant d'être complétés, pour trouver leur terme dans une décomposition finale. Voilà un fait auquel nous pouvions nous attendre. D'abord, un organisme qui produit des cellules germinatives, n'est pas dans un état d'équilibre moléculaire, mais dans un état qui s'approche de cet équilibre. Par suite, un groupe d'unités physiologiques émises par cet organisme ne sera pas absolument sans posséder une tendance à subir les réarrangements de structure que nous appelons développement; mais il la possèdera indûment contenue par des forces polaires partiellement équilibrées. En second lieu, outre que la contrainte excessive des unités physiologiques les rend en somme moins susceptibles d'être aisément modifiées dans leurs positions par des forces incidentes, elle les rend par là même plus susceptibles d'être individuellement décomposées par des forces incidentes : les mêmes ondulations thermiques qui, si les unités physiologiques étaient comparativement libres, aideraient à leur réarrangement en leur donnant une liberté plus grande, se mettront, si ces unités sont comparativement fixes, à changer les arrangements de leurs éléments, c'est-à-dire à les décomposer. En troisième lieu leur décomposition sera empêchée aussi bien que leur redistribution facilitée, par cette perturbation de leur polarité, qui doit résulter, comme nous l'avons vu, de leur mélange avec des unités légèrement dissemblables venues d'un autre organisme.

Et maintenant éprouvons cette hypothèse en voyant quel moyen elle nous donne d'interpréter les inductions établies.

§ 93. La majorité des plantes étant hermaphrodites, on a cru jusqu'ici que les ovules de chaque fleur sont fertilisés par le pollen provenant des anthères de la même fleur. Mais M. Darwin a fait voir que l'arrangement des organes sexuels est tel qu'il empêche la fécondation de s'opérer ainsi, soit que les ovules et le pollen ne soient pas mûrs en même temps, soit que des obstacles s'opposent à leur contact. Il a remarqué en même temps qu'il existe des arrangements souvent très-remarquables qui facilitent le transport du pollen par des insectes qui le prennent sur les étamines d'une fleur et le déposent sur le pistil d'une autre. Pareillement on a trouvé que, chez les animaux inférieurs, l'hermaphrodisme n'implique pas ordinairement la production de germes féconds par l'union des cellules germinatives et des cellules spermatiques développées dans le même individu; on a vu au contraire que les centres reproducteurs d'un individu s'unissent à ceux d'un autre pour produire des germes féconds. Ou bien comme chez les *Pyrosomes*, les *Pérophores*, et d'autres mollusques supérieurs, les œufs et les spermatozoïdes mûrissent à des époques différentes; ou bien, comme chez les annélides, une position respective les empêche d'arriver au contact.

Si nous nous rappelons que dans les classes supérieures des organismes, la fécondation s'opère toujours par la combinaison de la cellule spermatique d'un individu avec la cellule germinative d'un autre, et que nous en rapprochions le fait, que chez les organismes hermaphrodites les cellules germinatives développées dans un individu ne sont pas d'ordinaire fécondées par des cellules germinatives développées dans le même individu, nous avons des raisons de croire que la chose essentielle dans la fécondation est l'union de parties spécialement appropriées d'organismes *différents*. Si

la fécondation dépendait des propriétés particulières de la cellule spermatique et de la cellule germinative, à ce titre, il serait indifférent que, chez les hermaphrodites, les cellules spermatiques et les cellules germinatives unies fussent celles du même individu ou celles d'individus différents. Mais le fait, qu'il existe dans ces organismes des parties préparées pour la fécondation mutuelle, montre que la dissemblance d'origine des centres reproducteurs unis est le désidératum de la reproduction. Or c'est précisément ce que nous avons supposé par l'hypothèse précédente. Si, avons-nous dit en concluant, la fécondation a pour objet le dérangement de l'équilibre approximatif existant chez les unités physiologiques séparées d'un organisme adulte, et si, comme nous avons des raisons de le croire, cet objet se réalise par leur mélange avec les unités physiologiques légèrement différentes d'un autre organisme, nous aurons du même coup lieu de croire que cet objet ne se réalisera pas par leur mélange avec des unités physiologiques appartenant au même organisme. Ainsi l'hypothèse nous conduit à prévoir les dispositions mêmes qui existent.

§ 94. Mais ici nous rencontrons une difficulté. Ces propositions semblent impliquer la conclusion, que la *fécondation d'un individu par lui-même* est impossible. Il semble en résulter qu'un groupe d'unités physiologiques issues d'une partie d'un organisme ne doit pas avoir la propriété d'altérer l'état de quasi-équilibre existant dans un groupe tiré d'une partie de cet organisme. Pourtant la fécondation par soi existe. Bien que les ovules d'une plante soient généralement fécondés par du pollen provenant d'une autre plante, elles peuvent être, du moins quelques-unes, fécondées par le pollen de la même plante. De même aussi, bien que chez les animaux hermaphrodites les arrangements structuraux et fonctionnels

s'opposent à la fécondation d'un individu par lui-même, il semble qu'il y ait chez certains *entozoaires* des dispositions spéciales, par lesquelles les cellules spermatiques et les cellules germinatives du même individu peuvent s'unir quand elles ne sont pas déjà unies avec celles d'un autre individu. Certainement, à première vue, ces faits ne s'accordent pas avec la supposition que nous avons faite. Néanmoins on peut donner de cette difficulté une solution satisfaisante.

Dans le dernier chapitre, quand nous considérions les variations qui peuvent naître dans le rejeton en conséquence de la combinaison des constitutions différentes appartenant aux deux parents, nous avons fait voir qu'en un organisme au commencement de son développement, composé d'unités physiologiques légèrement différentes, dérivées de parents légèrement différents, il ne saurait y avoir une distribution égale des deux ordres d'unités. Nous avons vu que le principe de l'instabilité de l'homogène s'oppose à leur fusion uniforme, et qu'en vertu de la différenciation et de l'intégration, il faut qu'elles soient plus ou moins séparées; en sorte que, dans une partie du corps l'influence de l'un des parents prédomine, et que, dans une autre, c'est l'influence d'un autre parent : conclusion d'accord avec l'expérience journalière. Nous avons vu aussi que les cellules germinatives ou les spermatiques produites par un tel organisme doivent, en vertu des mêmes lois, être différentes les unes des autres. On a vu qu'en vertu de la loi de ségrégation, des cellules spermatiques ou germinatives ont en partage un mélange où dominent les unités physiologiques tirées d'un côté, et d'autres, un mélange où dominent des unités tirées d'un autre côté : ce qui explique la dissemblance des rejetons produits en même temps. Or de cette ségrégation des différents ordres d'unités physiologiques héritées de divers parents et de diverses lignes d'ancêtres,

résulte la possibilité de la fécondation d'un individu par lui-même dans les organismes hermaphrodites. Si les unités physiologiques contenues dans les cellules spermatiques et les cellules germinatives de la même fleur ne sont pas absolument homogènes, c'est-à-dire, si dans quelques ovules les unités physiologiques dérivées de l'un des parents prédominent fortement, si dans d'autres ovules la prépondérance appartient aux unités dérivées de l'autre parent, et si la même chose se rencontre dans les cellules polliniques, il peut se faire que certains ovules soient autant différents de certaines cellules polliniques, dans les caractères des unités qu'elles renferment, que l'étaient les cellules polliniques et les ovules des parents d'où la plante est issue. Entre une partie des cellules spermatiques et une partie des cellules germinatives, la communauté de nature sera telle, que la fécondation ne sera pas la conséquence nécessaire de leur union; mais entre quelques-unes de ces cellules la différence sera telle, que leur union produira l'instabilité moléculaire nécessaire pour l'évolution organique. Tout ce qu'on sait des faits est en harmonie avec cette déduction. La fécondation par soi dans les fleurs, quand elle a lieu, n'est pas aussi efficace que la fécondation mutuelle. Quoiqu'il y ait des ovules qui produisent des graines, la vérité est que la plupart d'entre eux avortent. C'est de là, sans doute, que proviennent les variétés dont les structures sont favorables à la fécondation mutuelle; puisque, plus prolifiques, elles ont, toutes choses égales d'ailleurs, de plus grandes chances dans « la lutte pour l'existence ».

Nous avons sous la main une nouvelle preuve à l'appui de cette interprétation. Il y a lieu de croire que la fécondation par soi, qui est pour le moins insuffisante, perd toute efficacité à la longue. Après avoir expliqué les dispositions

favorables à un croisement accidentel, ou fréquent, ou constant entre les fleurs, et avoir cité M. Huxley pour montrer que chez les animaux hermaphrodites on ne trouve pas un fait où « l'on puisse prouver l'impossibilité physique de l'influence accidentelle d'un individu distinct, » M. Darwin écrit les lignes suivantes : « Ces considérations et les nombreux faits spéciaux que j'ai recueillis, mais que je ne puis fournir en ce moment, m'inclinent sérieusement à penser que, dans le règne végétal comme dans le règne animal, le croisement accidentel avec un individu distinct est une loi naturelle... Ni dans l'un, ni dans l'autre, je pense, la fécondation par soi ne saurait se continuer à perpétuité. Cette conclusion complétement basée sur l'observation des faits est précisément celle à laquelle nous conduit l'argument précédent. L'action et la réaction nécessaires entre les parties d'un organisme et l'organisme dans sa totalité, le pouvoir des agrégats de remodeler les unités, corrélatif du pouvoir des unités de s'arranger sous forme d'un agrégat de cette espèce, impliquent que des différences existant entre les unités héritées par un organisme, doivent diminuer graduellement. Soumises également à toutes les forces de l'organisme, elles seront également modifiées dans le sens de la conformité avec ces forces et par conséquent de la ressemblance entre elles. Si, donc, dans un organisme qui se féconde lui-même, et dans ses descendants pouvant également se féconder eux-mêmes, les différences marquées existant à l'origine entre les unités physiologiques, s'oblitèrent progressivement; si, par conséquent, il ne peut plus exister de ségrégation d'unités physiologiques différentes dans des cellules spermatiques et des cellules germinatives différentes, la fécondation par soi deviendra impossible: petit à petit la fécondité diminuera, et la série finira par s'éteindre.

Remarquons maintenant, à l'appui de cette manière de voir, que la fécondation par soi se trouve limitée à des organismes où un équilibre approximatif entre les forces organiques ne se soutient plus. Tandis que la croissance marche rapidement, et que les unités physiologiques sont sujettes à une distribution de force continuellement changeante, on ne saurait attendre aucune assimilation décidée des unités : des forces semblables agissant sur les unités dissemblables tendront à les séparer par ségrégation aussi longtemps que la continuation de l'évolution permettra à la ségrégation de s'effectuer, et ce sera seulement quand une sécrétion nouvelle ne pourra plus avoir lieu, que les forces semblables tendront à assimiler les unités. Par suite, du moment que la durée prolongée n'est plus le partage d'un équilibre approximatif, la fécondation par soi peut être possible pour quelques générations; mais elle serait impossible dans des organismes caractérisés par un équilibre mobile soutenu.

§ 95. Ce qui augmente la probabilité de l'hypothèse, c'est l'interprétation qu'elle donne de divers faits avec lesquels l'expérience nous a familiarisés. M. Darwin a rassemblé un « grand nombre de faits qui montrent, d'accord avec l'opinion à peu près universelle des éleveurs, que, chez les animaux et les plantes, un croisement entre des variétés différentes, ou entre des individus de la même variété, mais d'une autre race, donne de la vigueur et de la fécondité au rejeton; et, d'un autre côté, que le croisement entre les individus *très-voisins* diminue la vigueur et la fécondité, » conclusions d'accord avec la croyance généralement reçue touchant l'influence des mariages dans la même famille chez l'espèce humaine. N'avons-nous pas dans cette explication l'interprétation de ces faits? Il faut que les parents soient dans

le plus grand nombre des cas des individus dont les unités physiologiques ont une ressemblance plus complète que d'ordinaire. Il faut que les animaux des différentes variétés soient ceux dont les unités physiologiques sont plus dissemblables que d'ordinaire. Dans l'un des cas, la dissemblance des unités peut fréquemment être suffisante pour produire la fécondation, et non suffisante pour produire le changement moléculaire actif nécessaire pour un développement vigoureux. Dans l'autre cas, la fécondation et le développement spontanés seront tous les deux probables.

Il nous est même possible de fournir la cause de la manifestation irrégulière de ces tendances générales. Les unités physiologiques mêlées qui composent un organisme, étant, comme nous l'avons vu, plus ou moins réparties par ségrégation dans les centres reproducteurs qu'il émet, il peut se produire divers résultats suivant le degré de différence entre les unités, et le degré où la ségrégation des unités se trouve portée. Les grands parents communs de deux cousins mariés ensemble peuvent avoir eu des constitutions semblables ou des constitutions dissemblables. Si, dissemblables, la probabilité que leurs petits enfants mariés auront des rejetons, sera plus grande que s'ils avaient eu des constitutions semblables. Ou bien les frères et les sœurs desquels descendent les cousins en question, au lieu d'avoir hérité chacun les constitutions de leurs parents à peu près au même degré, peuvent les avoir héritées chacun à des degrés très-différents : dans ce dernier cas, les mariages entre petits enfants auront moins de chance de se trouver inféconds. Ou bien les frères et sœurs dont ces cousins sont descendus peuvent se marier chacun à des personnes très-semblables ou très-dissemblables à eux-mêmes, et cette union peut avoir eu pour effet une ressemblance exception-

nelle ou une dissemblance exceptionnelle entre les cousins mariés. Ces diverses causes concourant ou se contrariant de mille et mille manières et à des degrés mille et mille fois variés, produiront des effets multiformes. En outre, les différences de ségrégation amèneront dans les centres reproductifs produits par les mêmes organismes proches parents, des variations considérables du degré de dissemblance; et, par conséquent, si l'on suppose que le degré de leur dissemblance est assez grand pour causer la fécondation, cette fécondation sera efficace à divers degrés. Aussi, peut-il arriver que parmi les rejetons de parents très-rapprochés, il y en ait chez lesquels le manque de vigueur ne soit pas marqué, et d'autres dans lesquels le manque de vigueur soit très-prononcé. Cela nous fait comprendre pourquoi la reproduction sans croisement (*in-and-in breading*) tend à diminuer aussi bien la fécondité que la vigueur, et pourquoi l'effet ne saurait être uniforme, mais seulement un effet moyen.

§ 96. Si les arguments précédents sont bons, la gamogenèse a pour but principal de commencer un développement nouveau en renversant l'équilibre sur le point de s'établir entre les molécules des organismes parents. Ce n'est pas tout, la gamogénèse paraît encore servir à une autre fin. Les organismes inférieurs qui se multiplient habituellement par agamogenèse, ont des conditions de vie simples et uniformes; au contraire, les organismes qui ont des conditions de vie très-complexes et très-variables se multiplient ordinairement par gamogenèse. Or, si une espèce a des conditions de vie complexes et variables, ses membres doivent être exposés chacun à des systèmes de conditions légèrement différents : les agrégats de forces incidentes ne sauraient être semblables pour tous les individus disséminés. Par suite,

comme une déviation fonctionnelle doit toujours amener une déviation de structure, chacun des individus compris dans l'étendue de l'aire influencée, tend à s'adapter aux habitudes nécessitées par ses conditions particulières; et dans cette mesure, aux habitudes moyennes de l'espèce. Toutefois ces spécialisations exceptionnelles sont continuellement tenues en échec par la gamogenèse. « Le croisement, remarque M. Darwin, joue un rôle vraiment important dans la nature en ce qu'il impose aux individus de la même espèce, ou de la variété, une fidélité constante à leur caractère » : les différences idiosyncratiques s'effacent mutuellement. La gamogenèse devient alors un moyen de transformer en un avantage positif les différenciations individuelles qui en son absence aboutiraient à un désavantage positif. Si les individus n'étaient pas incessamment rendus dissemblables par leurs conditions dissemblables, il ne se produirait pas entre eux ces différences de constitution moléculaire que nous avons reconnues nécessaires à la production des germes fertilisés de nouveaux individus. Et si ces différenciations individuelles ne s'effaçaient pas sans cesse mutuellement, elles aboutiraient à limiter fatalement le champ de l'adaptation.

Cette vérité se montrera de la façon la plus claire si nous la réduisons à sa forme purement abstraite, sous la formule suivante : supposons une espèce tout à fait homogène, placée dans des conditions tout à fait homogènes, et supposons que la constitution de tous les membres soit en concordance parfaite avec leurs conditions absolument uniformes et constantes, que doit-il arriver? L'espèce, individuellement et collectivement, est dans un état d'équilibre mobile parfait. Toutes les forces perturbatrices ont été éliminées : il ne reste plus aucune force qui puisse, de quelque façon que ce soit,

changer l'état de cet équilibre mobile; soit dans l'espèce, dans sa totalité, soit dans ses membres. Mais nous avons vu (*Premiers principes*, § 173) qu'un équilibre mobile n'est qu'un acheminement vers un équilibre complet, ou la mort. L'absence de forces différentielles ou non-équilibrées, chez les membres d'une espèce, c'est l'absence de toutes les forces qui peuvent causer des changements dans les conditions de ses membres, c'est-à-dire l'absence de toutes les forces qui peuvent donner naissance à de nouveaux organismes. Dire, comme nous l'avons fait plus haut, que l'homogénéité moléculaire existant chez les membres d'une espèce, doit rendre impossible le dérangement moléculaire mutuel qui constitue la fécondation, c'est comme si l'on disait que les actions et les réactions de chaque organisme se trouvent en équilibre complet avec les actions et les réactions du milieu; il ne reste plus dans chaque organisme aucune force par laquelle il diffère d'une autre, c'est-à-dire aucune force à laquelle un autre organisme ne puisse opposer une force égale, aucune force qui puisse mettre en train une évolution nouvelle parmi les unités d'un autre organisme.

Nous arrivons ainsi à une conclusion remarquable, à savoir que la vie d'une espèce comme la vie d'un individu, s'entretient par des actions inégales, et variant sans cesse, des forces incidentes sur ses différentes parties. Un individu homogène en tout, et dont la substance est partout sans cesse en butte aux mêmes actions, ne peut subir aucun des changements dont la vie se compose; et pareillement une espèce absolument uniforme ayant tous ses membres exposés à des influences identiques serait privée de la cause initiatrice de changement qui maintient son existence comme espèce. De même que dans chaque organisme, des forces incidentes ne cessent de produire des écarts de l'état moyen dans tous les

sens, écarts qui contre-balancent des écarts opposés produits indirectement par d'autres forces incidentes; et de même que la combinaison des fonctions rhythmiques entretenues par ces écarts, constitue la vie de l'organisme; de même, dans une espèce, il se fait, grâce à la gamogenèse, une neutralisation perpétuelle des écarts en sens contraire de l'état moyen, causés dans ses diverses parties par divers systèmes de forces incidentes; et c'est pareillement par la production rhythmique et la compensation de ces écarts en sens contraire, que l'espèce continue de vivre. L'équilibre mobile dans une espèce, comme l'équilibre mobile dans un individu, aboutirait promptement à l'équilibre complet ou mort, s'il ne lui venait continuellement du dehors des forces qui s'y trouvent dégagées incessamment. Non-seulement, l'espèce tire du monde extérieur les forces qui de moment en moment conservent la vie de ses membres, mais elle doit à certaines actions plus indirectes du monde extérieur les forces qui lui permettent de se perpétuer en des générations successives.

§ 97. Ce qui nous reste encore de preuves peut se joindre très à propos à la récapitulation de ce que j'ai dit dans les trois chapitres précédents. Examinons les faits dans leur ordre synthétique.

L'opération de composition et de recomposition par laquelle nous passons des substances organiques les plus simples aux plus complexes a divers accessoires. Chaque période successive de l'opération de composition nous présente des atomes qui sont chacun plus grands ou plus intégrés, chacun plus hétérogènes, chacun plus instables et plus nombreux dans leurs genres (*Premiers principes*, § 151). Quand nous arrivons aux substances dont les corps vivants

sont formés, nous nous trouvons au milieu de groupes et de sous-groupes de composés multipliés et divergents, dont les unités sont grandes, hétérogènes, instables à un haut degré. Il n'y a aucune raison de croire que cette opération se termine à la formation des colloïdes complexes qui caractérisent la matière organique. Il est plus probable qu'aux dépens des atomes colloïdes complexes se développent par une intégration encore plus avancée, des atomes encore plus hétérogènes et de genres plus nombreux. Que doivent être leurs propriétés? Déjà les atomes colloïdes sont extrêmement instables, susceptibles d'être directement modifiés dans leurs caractères par des forces incidentes très-légères; et déjà la complexité de leurs propriétés polaires les empêche de prendre rapidement les positions d'équilibre polaire qui ont pour résultat la cristallisation. Or les atomes organiques, composés de ces atomes colloïdes doivent avoir les mêmes caractères à un bien plus haut degré. Bien plus nombreux doivent être les très-petits changements qui peuvent y être opérés par des forces externes très-petites; bien plus libres doivent-ils demeurer pendant longtemps pour obéir aux forces qui tendent à les redistribuer, et bien plus grandes doivent être le nombre de leurs espèces.

Si nous partons de ces unités physiologiques, dont divers phénomènes organiques nous obligent à reconnaître, et dont la grande loi de l'évolution nous permet d'admettre par anticipation l'existence, nous nous trouvons au cœur même des phénomènes de genèse, d'hérédité et de variation. Si chaque organisme est construit avec certaines de ces unités extrêmement plastiques, particulières à son espèce, unités qui travaillent lentement à mettre en équilibre leurs propriétés polaires complexes, en produisant un agrégat de la structure spécifique, et qui en même temps sont susceptibles de se

modifier lentement sous l'influence des réactions de cet agrégat, nous voyons pourquoi la multiplication des organismes procède de diverses manières et avec les divers résultats que les naturalistes ont observés.

L'hérédité, telle qu'elle se montre non-seulement dans la répétition de la structure spécifique, mais dans la répétition des écarts qui ont éloigné les ancêtres de cette structure, l'hérédité devient toute naturelle, ce qui est d'accord avec le fait que dans les divers organismes simples des parties perdues peuvent être remplacées, et que dans des organismes plus simples un fragment d'organisme peut régénérer l'organisme entier.

Tant qu'un agrégat d'unités physiologiques continue à croître, par l'assimilation de matière à laquelle il fait prendre la forme d'unités semblables par le type, et tant qu'il continue à subir des changements de structure, aucun équilibre ne saurait s'établir entre l'agrégat et ses parties. Alors, dans ces conditions, une partie non différenciée de l'agrégat, un groupe d'unités physiologiques non liées à un tissu spécialisé, sera capable de s'arranger d'après la structure particulière à l'espèce, et procédera à cet arrangement, si elle est mise à l'abri des forces antagonistes, et placée dans de bonnes conditions de nutrition et de température. Par suite, continuation de l'agamogenèse dans les organismes peu différenciés, aussi longtemps que l'assimilation continue à l'emporter de beaucoup sur la dépense.

Mais que la croissance rencontre un obstacle et que le développement touche à sa fin, que les unités de l'agrégat se trouvent exposées chacune à une distribution de forces à peu près constantes, elles se mettront à s'équilibrer entre elles. Peu à peu elles s'arrangeront de manière à prendre des attitudes comparativement stables les unes par rapport aux

autres, leur mobilité diminuera en conséquence, et les groupes de ces unités, détachés en partie ou en totalité, ne se réarrangeront plus rapidement en la forme spécifique. L'agamogenèse ne sera plus possible; ou, si elle est encore possible, elle ne sera plus facile.

Quand nous nous rappelons que la force qui maintient la Terre dans son orbite est la gravitation de chaque particule de la Terre vers chaque particule d'un groupe situé à une distance de 91 000 000 de milles, nous ne saurions douter que chaque unité d'un organisme n'agisse par ses forces polaires sur toutes les autres unités, et ne subisse leur réaction. De même, quand nous apprenons que la constitution moléculaire du verre est changée par la lumière, et que des substances rigides et stables comme les métaux ont leurs atomes réarrangés par des forces rayonnées dans l'obscurité par les corps adjacents, nous sommes obligé de conclure que les unités excessivement instables, dont les organismes sont construits, doivent être sensibles à un degré transcendant à toutes les forces existant dans les organismes composés de ces unités, c'est-à-dire tendre toujours à réajuster non-seulement leurs positions respectives, mais leurs structures moléculaires en équilibre avec ces forces. Par suite, si des agrégats de même espèce sont conditionnés différemment et réagissent différemment sur leurs unités composantes, ces unités deviendront un peu différentes, et le deviendront d'autant plus que les réactions des agrégats sur elles différeront davantage, et que le nombre de générations pendant lesquelles ces réactions différentes des agrégats sur elles ont continué a été plus grand.

Si donc la dissemblance de fonction chez les individus de même espèce, produit la dissemblance entre les unités physiologiques d'un individu et celles d'un autre, on peut com-

prendre que lorsque des groupes d'unités dérivées de deux individus s'unissent, le groupe qui résulte de cette union est plus instable qu'aucun des groupes ne l'était avant l'union : les unités mêlées sont moins capables de résister aux forces en redistribution qui causent l'évolution, et l'aptitude au développement qu'elles avaient perdue peut s'y trouver ramenée.

Cette manière de voir est d'accord avec les conclusions que nous avons jugé rationnel de tirer, à savoir que la fécondation ne dépend d'aucune particularité intrinsèque de cellules spermatiques et de cellules germinatives, mais du fait qu'elles dérivent d'individus différents : ce qui explique que les individus très-proches parents sont moins propres que d'autres à avoir des rejetons, et que leurs rejetons, quand ils en ont, sont souvent débiles. Nous y trouvons la clef d'un fait qui est la réciproque du premier, à savoir que le croisement des variétés a pour résultat une fécondité et une vigueur plus qu'ordinaire.

Rappelons-nous que les ordres légèrement différents d'unités physiologiques qu'un organisme hérite de ses parents, sont soumis aux mêmes forces, et que lorsque l'organisme est complétement développé, ce système de forces devenant constant, tend lentement à remodeler les deux ordres d'unités d'après la même forme, et nous verrons comment il se fait que la fécondation par soi devient impossible dans les organismes supérieurs, tandis qu'elle reste possible dans les organismes inférieurs. Chez les êtres qui vivent longtemps, dont la limite de croissance est assez bien définie, l'assimilation des unités physiologiques un peu dissemblables est susceptible de continuer jusqu'à un certain point, tandis que, dans les organismes qui ne soumettent pas continuellement leurs unités composantes à des forces

constantes, cette assimilation restera bien moindre. Lorsque l'assimilation n'est pas considérable, la ségrégation des unités mélangées peut être cause que les cellules spermatiques et les cellules germinatives, développées dans le même individu, soient assez différentes pour produire, par leur union, des germes féconds; et plusieurs générations de descendants se fécondant eux-mêmes, peuvent se succéder l'une à l'autre, avant que la dissemblance des divers ordres d'unités diminue au point qu'ils ne puissent plus se féconder eux-mêmes. Les mêmes principes nous expliquent les résultats variables que nous présente l'union entre des organismes proches parents.

On peut assigner les mêmes causes aux phénomènes de variation. Ces phénomènes ne sautent pas aux yeux alors que les conditions d'une espèce étant passablement uniformes entretiennent une uniformité passable chez les unités physiologiques de ses membres; mais ils deviennent évidents quand des différences de conditions, en imposant des différences fonctionnelles considérables, imposent des différences tranchées aux unités physiologiques, et quand les différentes unités physiologiques, mélangées de manières différentes dans chaque individu, subissent directement les opérations de ségrégation et de combinaison.

Si nous avions assez d'espace nous pourrions montrer que cette hypothèse est une clef qui permet de comprendre bien des faits nouveaux, par exemple, le fait que des races mêlées jouissent comparativement de la propriété de se plier à de nouvelles conditions, et celui que les races pures, croisées avec des races mêlées sont prépondérantes, et encore le fait que, si les métis sont souvent plus grands, les purs-sangs sont plus solides, et leurs fonctions sont moins aisément susceptibles de perdre leur équilibre. Sans plus de discussion on

admettra, je pense, que puisque cette hypothèse peut expliquer tant de phénomènes et réunir par un lien commun des faits en apparence si peu rapprochés, c'est une forte preuve qu'elle est vraie. Cette preuve acquiert encore de nouvelles forces, si l'on considère que l'hypothèse fait concorder les faits de genèse, d'hérédité, de variation, avec des premiers principes. Quand nous voyons que les unités physiologiques plastiques dont nous nous trouvons obligés d'admettre l'existence, sont justement les atomes plus intégrés, plus hétérogènes, plus instables et plus multiformes, qui résulteraient de la continuation du progrès qui aboutit à la substance organique; quand nous voyons que les différenciations de ces atomes que nous supposons se produire dans des agrégats différemment conditionnés, et leur équilibration que nous supposons se produire dans les agrégats qui conservent des conditions constantes, ne sont que des corollaires des principes universels qui découlent de la grande loi de la persistance de la force; quand nous voyons que la condensation de la vie dans les générations successives d'une espèce devient une conséquence de l'incidence continue de nouvelles forces sur l'espèce, pour remplacer les forces qui ne cessent d'aboutir rhythmiquement à l'équilibre, dans l'œuvre de la propagation de l'espèce; et quand nous voyons que ces phénomènes en apparence exceptionnels qui se manifestent dans la multiplication des êtres organiques, prennent leur place parmi les résultats des lois générales de l'évolution, nous possédons des raisons valables d'admettre l'hypothèse qui nous fournit cette interprétation.

CHAPITRE XI

CLASSIFICATION

§ 98. L'arrangement ordonné des objets, qu'on appelle classification, répond à deux fins, fins qui ne sont pas absolument distinctes, mais qui le sont en grande partie. Une classification peut servir à faciliter la reconnaissance d'un objet; elle peut servir aussi à organiser la connaissance. Lorsqu'un libraire range ses livres dans son catalogue en mettant les noms des auteurs par ordre alphabétique, il les place de telle manière que l'on peut trouver facilement celui que l'on cherche, mais non de telle manière que les livres écrits sur le même sujet se trouvent réunis ensemble. Au contraire, lorsqu'il distribue ses livres d'après leur sujet, il néglige diverses ressemblances et distinctions superficielles, et les groupe d'après certains attributs primaires, secondaires et tertiaires, qui supposent chacun bien d'autres attributs. D'après ce mode de groupement, lorsqu'on examine un volume, on peut en conclure les caractères généraux de tous les volumes voisins. Le libraire réunit dans une grande division, tous les ouvrages sur l'histoire; dans une autre tous les ouvrages biographiques; dans une autre tous ceux qui traitent de science; dans une autre les

voyages et les traités de navigation; et ainsi de suite. Il sépare chacun de ces groupes en sous-groupes; comme, par exemple, lorsqu'il place différents genres de littérature pure sous les titres de fiction, de poésie, de drame. Dans certains cas, il fait des groupes tertiaires, comme lorsque, après avoir séparé les traités de science en traités abstraits et traités concrets, et mis dans les seconds ceux de logique et de mathématiques, et dans les premiers ceux de physique, d'astronomie, de géologie, de chimie, de physiologie, etc., il subdivise les ouvrages de physique en ouvrages qui traitent des mouvements mécaniques, de la chaleur, de la lumière, de l'électricité, du magnétisme.

Voyons les caractères essentiels qui distinguent ces deux modes de classification. Un arrangement d'après un unique attribut saillant, est relativement facile, et c'est le premier qui se présente : un enfant classerait les livres par ordre de grandeur ou d'après la couleur des reliures. Mais un arrangement d'après des combinaisons d'attributs qui, bien que fondamentaux, ne sautent pas aux yeux, demande une analyse, et ne se présente pas de lui-même tant que l'analyse n'est pas avancée. Même avec l'assistance de la notion que fournit le titre donné par l'auteur à son livre, il faut une somme considérable de connaissances pour classer convenablement un essai sur la polarisation; et, ce titre manquant, il en faut une bien plus grande. De plus, la classification d'après un attribut unique, que les objets possèdent à divers degrés, sera plus ou moins sériaire ou rectiligne. On peut ranger les livres par ordre de date, en une seule colonne; ou bien on peut les ranger d'après le nombre de leurs volumes, en ouvrages d'un, de deux, de trois volumes, etc., et les grouper dans l'ordre d'une succession ascendante. Mais les groupes formés chacun de choses distinguées par quelque attribut

commun, qui implique beaucoup d'autres attributs, ne comportent pas l'arrangement sériaire. On ne pourrait pas dire raisonnablement, que les œuvres historiques viennent après les œuvres scientifiques, ou que celles-ci viennent avant les œuvres historiques, ni que, pour les subdivisions de la littérature d'imagination, en fiction, poésie et drame, il y ait une bonne raison de donner à l'une le pas sur les autres.

On comprend alors que l'opération de groupement du semblable et de séparation du dissemblable, qui constitue la classification, ne peut arriver à sa forme complète que pas à pas. Nous avons vu (*Premiers principes*, § 36) que, toutes choses égales d'ailleurs, nous reconnaissons les relations entre les phénomènes dans l'ordre marqué par leur degré d'évidence, et que, toutes choses égales d'ailleurs, nous les reconnaissons dans l'ordre marqué par leur degré de simplicité. Aussi les premières classifications ne manqueront-elles pas d'être des groupements d'objets qui se ressemblent par des attributs externes, ou d'une perception facile, et par des attributs qui ne sont pas complexes. Les choses qui se ressemblent en ce qu'elles possèdent en commun des propriétés simples et évidentes, peuvent ou non se ressembler par d'autres caractères. Lorsqu'on classe des figures géométriques, en les appelant les unes curvilignes et les autres rectilignes, ou quand on classe les figures rectilignes en appelant les unes triangles, d'autres quadrilatères, etc., les distinctions que l'on fait connotent d'autres distinctions auxquelles elles sont nécessairement unies; mais si l'on classe les liquides d'après leurs caractères visibles, si l'on range ensemble les liquides transparents, tels que l'eau, l'alcool, le sulfure de carbone, on obtient un groupe de choses dissemblables dans leurs propriétés essentielles. Ainsi, partout où les objets classés ont de nombreux attributs, il est fort probable

que les classifications primitives, basées sur des attributs simples manifestes, réunissent sous le même titre beaucoup d'objets qui n'ont aucune ressemblance dans la majorité de leurs attributs. A mesure que la connaissance des objets augmente, il devient possible de faire des groupes dont les membres ont un plus grand nombre de propriétés en commun, et de constater quelle propriété ou combinaison de propriétés sert le mieux à caractériser chaque groupe. Alors on a une classification où la ségrégation a été poussée assez loin, pour que les objets intégrés dans chaque groupe aient plus d'attributs en commun qu'ils n'en ont avec les objets qui en sont exclus; dans cette classification, les groupes de ces groupes sont intégrés d'après le même principe; les degrés de différenciation et d'intégration y sont proportionnés aux degrés de dissemblance et de ressemblance intrinsèques. Enfin, la classification définitive, qui nous sert de la façon la plus complète à reconnaître l'identité d'une chose, nous sert aussi à exprimer la plus grande somme de connaissance sur les choses, c'est-à-dire qu'elle nous met à même d'affirmer le plus grand nombre de faits touchant chaque chose : on voit par là qu'elle exprime la correspondance la plus exacte entre nos conceptions et les réalités.

§ 99. Les classifications biologiques montrent, par d'excellents exemples les diverses phases par lesquelles doivent nécessairement passer les classifications. Dans les tentatives plus récentes, nous voyons qu'on accorde plus d'attention aux combinaisons de caractères essentiels, mais souvent peu visibles, et qu'on renonce peu à peu à l'arrangement rectiligne pour adopter un arrangement en groupes divergents et en sous-groupes redivergents.

La foule classe encore les végétaux sous les noms d'arbres, d'arbrisseaux et d'herbes. Cette classification sériaire d'après l'unique attribut de la grandeur s'imposa aux premiers observateurs. Ils auraient trouvé absurde d'appeler un bambou de dix mètres de haut, une herbe; ils auraient refusé de croire que la scolopendre dût être placée à côté des fougères arborescentes. Les classifications zoologiques qui régnaient avant que l'histoire naturelle fût devenue une science avaient aussi des divisions superficielles et simples. Bêtes, oiseaux, poissons, choses rampantes, voilà des noms de groupes distingués les uns des autres par des différences d'aspect et de genres de vie, des animaux qui marchent et courent, des animaux qui vivent dans l'eau, des animaux qui rampent. L'esprit rangeait ces groupes d'après l'ordre de leur importance.

Les premiers arrangements formés par les naturalistes reposaient soit sur des caractères uniques, soit sur des combinaisons très-simples de caractères. « Rivinus, dit Lindley, décrivant les classifications des végétaux, inventa, en 1690, un système dépendant de la formation de la corolle. Ramel, en 1693, prit le fruit pour base de son système; Magnol, en 1620, le calice et la corolle, enfin Linné en 1731, les variations des étamines et des pistils. » Dans ce dernier système dont on s'est servi si longtemps comme moyen de détermination des plantes, ce sont encore des attributs extérieurs, simples, qui font la base du système; et les plantes y présentent un arrangement en grande partie sériaire, suivant qu'elles possèdent plus ou moins ces attributs. En 1703, environ trente ans avant Linné, Ray avait esquissé le plan d'un système plus avancé. D'après lui,

Les plantes sont

cryptogames, ou
phanérogames,

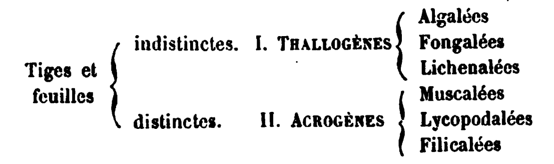
et celles-ci sont

dicotylédones, ou
monocotylédones.

Au nombre des groupes subordonnés qu'il plaçait sous ces titres généraux, « se trouvaient les champignons, les mousses, les fougères, les composées, le cichoracées, les ombellifères, les papilionacées, les conifères, les labiées, etc., sous d'autres noms, mais avec des limites qui ne diffèrent guère de celles qu'on adopte aujoud'hui. » En avance sur l'époque, les idées de Ray restèrent dans l'ombre jusqu'au temps de Jussieu, qui les développa et en fit le système qu'on appelle le système naturel. Soumis à diverses modifications dans les mains des botanistes qui sont venus ensuite, le système naturel a fini par recevoir la forme suivante que j'emprunte (en ajoutant les groupes de familles aux classes) au *Vegetal Kingdom* du professeur Lindley (1).

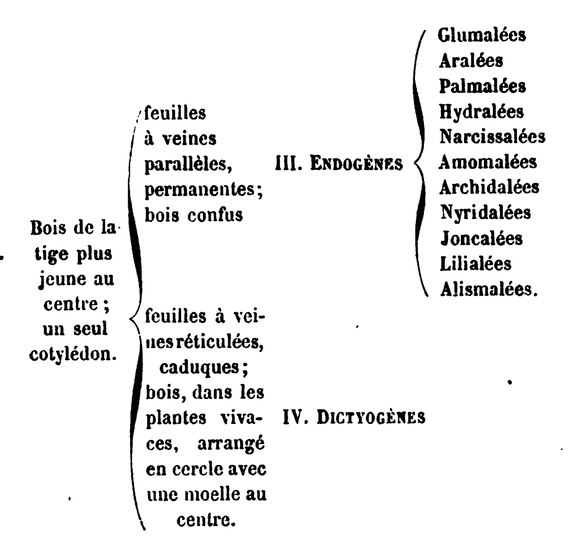
(1) Dans ce tableau j'ai omis la classe des rhizogènes, que d'autres botanistes, en désaccord avec Lindley, ne regardent pas comme une classe à part. Les plantes au sujet desquelles s'est élevée cette différence d'opinions sont des plantes phanérogames qui croissent en parasites sur les racines des arbres. Les raisons qui ont porté Endlicher et Lindley à les ériger en un groupe à part de phanérogames, sont qu'au lieu de véritables feuilles, elles n'ont que des écailles celluleuses, que la tige est une masse fongueuse amorphe, imparfaitement pourvue de vaisseaux spiraux, et sans chlorophylle. Cependant Griffith et Hooker ont donné des raisons décisives pour faire rentrer ce groupe dans la classe des exogènes. Il convient de remarquer que certains faits zoologiques suggèrent une explication de ces faits botaniques anormaux, et confirment la conclusion adoptée par Griffith et Hooker. Il arrive communément que les animaux parasites soient des formes aberrantes des types auxquels ils appartiennent, nous pouvons donc nous attendre par analogie à trouver dans les végétaux parasites les formes les plus aberrantes des types végétaux. Mais ce n'est là qu'une partie de la vérité. Le genre d'aberration que nous voyons dans un cas, nous le voyons dans l'autre, et dans les deux cas le sens de l'aberration est manifeste. Dans les Épizoaires, tels que les Lernées, le type crustacé disparaît par la perte

Plantes non-sexuées ou cryptogames.



Tiges et feuilles	indistinctes.	I. THALLOGÈNES	Algalées Fongalées Lichenalées
	distinctes.	II. ACROGÈNES	Muscalées Lycopodalées Filicalées

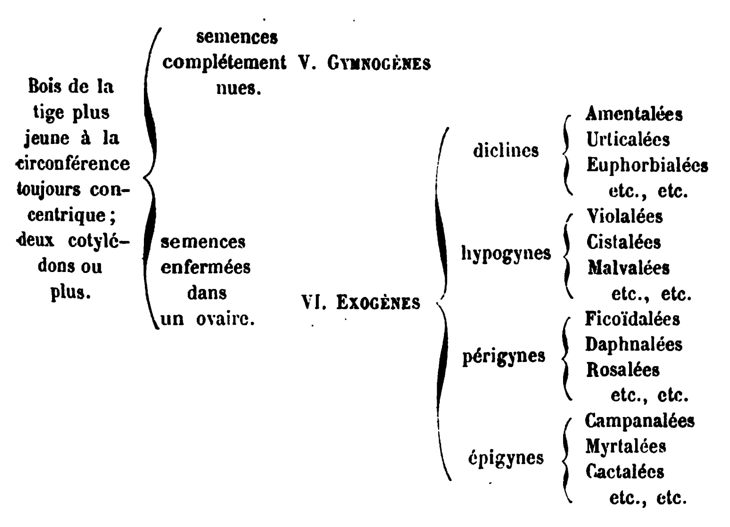
Plantes sexuées ou phanérogames.



Bois de la tige plus jeune au centre ; un seul cotylédon.	feuilles à veines parallèles, permanentes; bois confus	III. ENDOGÈNES	Glumalées Aralées Palmalées Hydralées Narcissalées Amomalées Archidalées Nyridalées Joncalées Lilialées Alismalées.
	feuilles à veines réticulées, caduques; bois, dans les plantes vivaces, arrangé en cercle avec une moelle au centre.	IV. DICTYOGÈNES	

à peu près entière des membres et des organes des sens, par la simplification de l'appareil digestif et par le grand développement du système reproducteur: les parties dont l'animal n'a plus besoin avortent, et celles qui sont favorables à la conservation de la race se développent. Pareillement dans les rhizogènes, le développement abortif des feuilles, l'absence de chlorophylle, et le petit nombre des vaisseaux spiraux, sont des changements tendant à l'établissement d'une structure qui convient à une plante qui vit de sucs absorbés par une autre plante; au contraire, le développement rapide et considérable des organes de fructification sont des changements corrélatifs avantageux à une plante, dont les graines n'ont que de faibles chances de jeter des racines. C'est justement par la même raison que les Entozoaires produisent des œufs en nombre immense, mais de petit volume, que les rhizogènes produisent des semences en grand nombre, mais qui n'excèdent guère le volume des spores des cryptogames.

Plantes sexuées ou phanérogames (suite).



Dans cette classification, l'arrangement rectiligne a disparu, il y a une rupture en groupes primitifs, groupes secondaires et groupes tertiaires qui ne sont pas susceptibles de se ranger en ordre sériaire, mais seulement en ordre divergent et redivergent. Si j'avais l'espace nécessaire pour montrer comment les familles se subdivisent en ordre, ceux-ci en genres, et ceux-ci en espèces, on verrait se manifester encore davantage le même principe de coordination. En étudiant les définitions de ces classes primaires, secondaires, tertiaires, on verra que les plus vastes se distinguent les unes des autres par des attributs qui connotent d'autres attributs; que chacune des classes plus petites comprise dans l'une des plus grandes, se distingue d'une façon analogue des classes plus petites comprises avec elle dans la grande; et que de la sorte, à mesure que les classes deviennent plus petites, elles ont un plus grand nombre d'attributs coexistants.

§ 100. La classification zoologique a eu une histoire analogue. Le premier essai connu de nous qu'on ait fait pour arranger les animaux de manière à mettre en lumière leurs affinités, est celui de Linné. Ce grand naturaliste les groupait de la manière suivante (1) :

Cl. I.	Mammalia.	*Ord.*	Primates, Brutæ, Feræ, Glires, Pecora, Belluæ, Cete.
Cl. II.	Aves.	*Ord.*	Accipitres, Picæ, Anseres, Grallæ, Gallinæ, Passeres.
Cl. III.	Amphibia.	*Ord.*	Reptiles, Serpentes, Nantes.
Cl. IV.	Pisces.	*Ord.*	Apodes, Jugulares, Thoracici, Abdominales.
Cl. V.	Insecta.	*Ord.*	Coleoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Neuroptera, Diptera, Aptera.
Cl. VI.	Vermes.	*Ord.*	Intestina, Mollusca, Testacea, Lithophyta, Zoophyta.

Cet arrangement de classes est évidemment basé sur une gradation apparente de rang ; et la place occupée par les ordres trahit également le désir de ranger les animaux en série rectiligne, en commençant par les formes les plus élevées pour finir par les plus inférieures. D'une part, l'idée générale et vague de perfection, détermine le caractère dominant de la classification; d'autre part, ses groupes subordonnés sont déterminés par les attributs externes les plus évidents. Non-seulement Linné, mais ses adversaires, qui proposaient d'autres systèmes, « obéissaient à l'impression que les animaux devaient être arrangés en classes, ordres et espèces, suivant la ressemblance plus ou moins exacte de leurs caractères externes. » Cette conception a survécu jusqu'à l'époque de Cuvier. « Les naturalistes, dit Agassiz, cédaient à la tendance d'établir une série uniforme qui comprît tous les animaux, entre les anneaux de laquelle on

(1) J'emprunte cette classification et les trois qui suivent (en les abrégeant) à l'ouvrage d'Agassiz, *Essay on classification*.

supposait qu'il y avait des intervalles inégaux. La devise de cette école était : *Natura non facit saltum.* Ils appelaient leur système *la chaîne des êtres.* »

La classification de Cuvier, basée sur l'organisation interne au lieu de l'aspect extérieur, fut un grand progrès. Il affirma qu'il y avait quatre formes principales, ou quatre plans principaux, sur lesquels les animaux étaient construits; et en conséquence il traça le tableau suivant :

Premier embranchement. — ANIMAUX VETÉBRÉS.

CL. I. MAMMIFÈRES.	CL. III. REPTILES.
CL. II. OISEAUX.	CL. IV. POISSONS.

Deuxième embranchemênt. — ANIMAUX MOLLUSQUES.

CL. I. CÉPHALOPODES.	CL. IV. ACÉPHALES.
CL. II. PTÉROPODES.	CL. V. BRACHIOPODES.
CL. III. GASTÉROPODES.	CL. VI. CIRRHOPODES.

Troisième embranchement. — ANIMAUX ARTICULÉS.

CL. I. ANNÉLIDES.	CL. III. ARACHNIDES.
CL. II. CRUSTACÉS.	CL. IV. INSECTES.

Cinquième embranchement. — ANIMAUX RAYONNÉS.

CL. I. ECHINODERMES.	CL. IV. POLYPES.
CL. II. VERS INTESTINAUX.	CL: V. INFUSOIRES.
CL. III. ACALÈPHES.	

Mais bien que Cuvier se fût affranchi de l'idée d'une progression sériaire dans toute l'étendue du règne animal, plusieurs de ses contemporains et de ses successeurs sont restés enchaînés à cette vieille erreur. Moins attentifs aux systèmes différemment coordonnés d'attributs présentés par les divers sous-règnes, et dominés par la croyance en un développement progressif, à laquelle on imposait à tort pour conséquence la possibilité d'arranger les animaux en séries rectilignes; ils s'obstinaient à forcer les formes organiques à prendre place dans un ordre qui n'était pas na-

turel. La classification suivante de Lamarck en est un exemple.

INVERTÉBRÉS.

I. — ANIMAUX APATHIQUES.

CL. I. INFUSOIRES. CL. II. POLYPES CL. III. RADIAIRES. CL. IV. VUNICIERS. CL. V. VERS.	Insensibles, se meuvent seulement sous l'influence de leur irritabilité excitée; n'ont ni cerveau, ni moelle allongée, ni sens; formes variées, rarement des articulations.

II. — ANIMAUX SENSIBLES.

CL. I. INSECTES. CL. II. ARACHNIDES. CL. III. CRUSTACÉS. CL. IV. ANNÉLIDES. CL. V. CIRRIPÈDES. CL. VI. CONCHIFÈRES. CL. VII. MOLLUSQUES.	Sentent, mais ne retirent de leurs sensations que des perceptions d'objets, une sorte d'idées simples, qu'ils sont incapables de combiner pour en faire des idées complexes. Pas de colonne vertébrale; un cerveau et le plus souvent une masse médullaire allongée; quelques sens distincts; muscles attachés sous la peau, forme symétrique, les parties étant par paires.

VERTÉBRÉS.

III, — ANIMAUX INTELLIGENTS.

CL. I. POISSONS. CL. II. REPTILES. CL. III. OISEAUX. CR. IV. MAMMIFÈRES.	Sentent, acquièrent des idées durables, avec lesquelles ils accomplissent des opérations par lesquelles ils en acquièrent d'autres; sont intelligents à divers degrés. Colonne vertébrale, cerveau et moelle épinière; sens distincts; muscles attachés à un squelette interne; forme symétrique, les parties étant par paires.

Nous ne parlons pas de diverses classifications dans lesquelles l'arrangement sériaire dicté par la notion de la complexité croissante se trouve diversement modifié par la reconnaissance de faits anatomiques frappants, et nous passons aux classifications qui reconnaissent un autre ordre de faits, ceux de développement. Baër a été conduit par ses recherches embryologiques à arranger les animaux comme il suit :

I. Type périphérique (RADIATA). *Evolutio radiata*. Le dé-

veloppement procède d'un centre produisant des parties identiques dans un ordre rayonnant.

II. Type massif (MOLLUSCA). *Evolutio contorta.* Le développement produit des parties identiques contournées autour d'un espace conique ou d'autre forme.

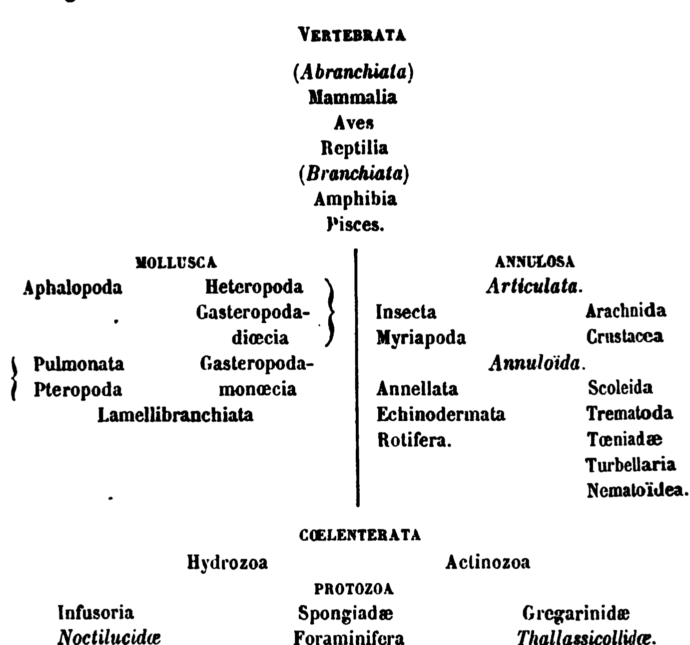
III. Type longitudinal (ARTICULATA). *Evolutio gemina.* Le développement produit des parties identiques, naissant des deux côtés d'un axe, et se rapprochant sur une ligne opposée à l'axe.

IV. Type doublement symétrique (VERTEBRATA). *Evolutio bigemina.* Le développement produit des parties identiques naissant des deux côtés d'un axe, croissant en haut et en bas, et venant se rejoindre pour renfermer un espace le long de deux lignes, de sorte que le feuillet interne de l'embryon est à l'intérieur et le feuillet supérieur au-dessus. Les embryons de ces animaux ont une corde dorsale, des lames dorsales, des lames ventrales, un tube nerveux et des fentes branchiales.

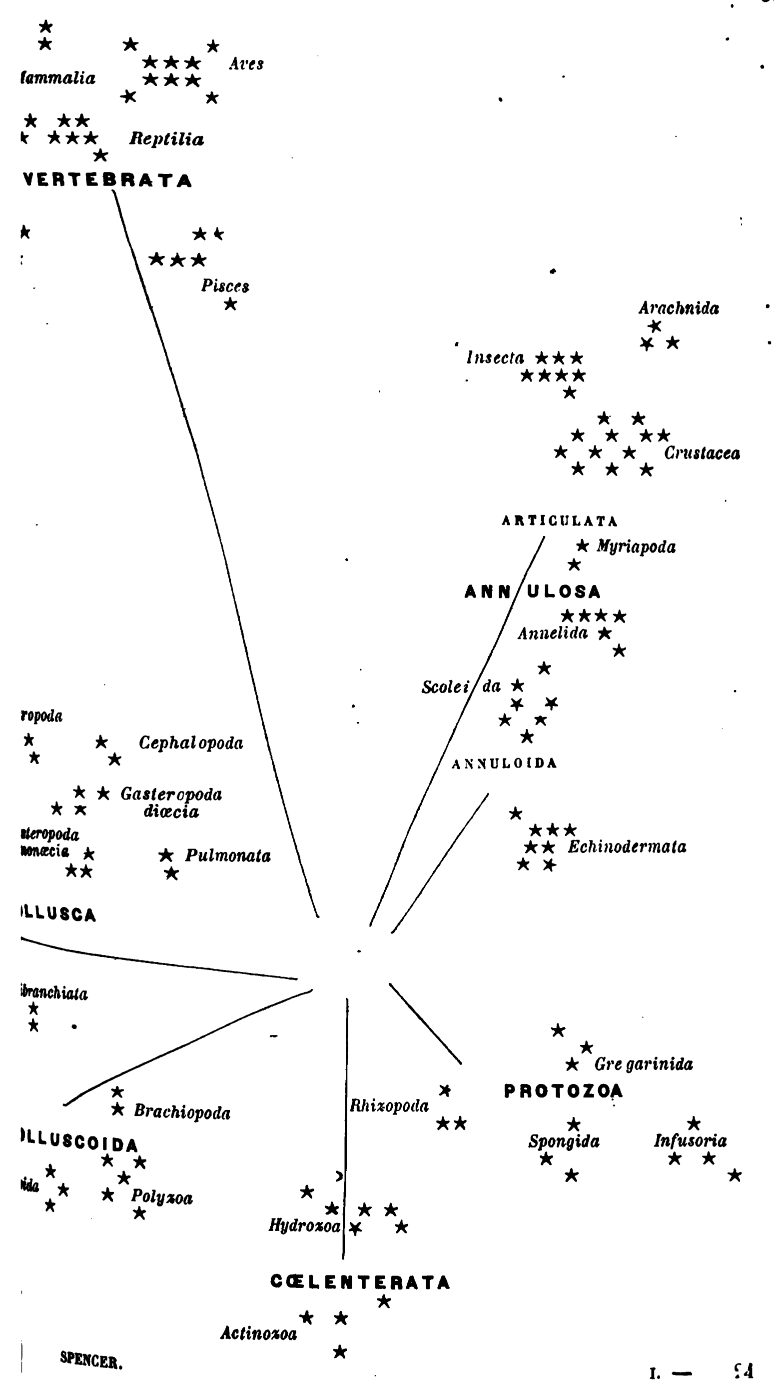
Reconnaissant que ces différences dans les modes d'évolution répondent à des divisions fondamentales dans le règne animal, Baër fait voir (chez les *vertebrata* au moins) comment les différences secondaires qui se produisent successivement aux périodes subséquentes de l'évolution correspondent avec les divisions secondaires.

Comme la classification moderne des plantes, la classification des animaux à laquelle nous sommes à présent arrivés, ne conserve plus trace de l'ordre rectiligne. Dans ses leçons à l'Institution royale, en 1857, le professeur Huxley exprimait les relations existantes entre les divers groupes du règne animal, en plaçant ces groupes au bout de quatre ou cinq rayons divergeant du même centre. Je n'en ai pas la figure ; mais, dans les relations qu'on a pu-

bliées de ses leçons à l'École des Mines, les groupes étaient arrangés de la manière suivante :



Ce qui paraît demeurer encore de la succession rectiligne dans quelques-unes de ces subdivisions, est simplement un accident résultant des nécessités typographiques. Chacune de ces subdivisions doit être considérée comme un groupe. Si le professeur Huxley venait à réviser ce tableau, il séparerait probablement d'une manière plus complète quelques-unes des grandes subdivisions, conformément aux idées exprimées dans ses Leçons Huntériennes au Collége des Chirurgiens, en 1863. S'il voulait tracer l'arrangement du règne animal, en dispersant les groupes secondaires et tertiaires d'après le même principe, il arriverait à un arrangement qui ne différerait probablement pas beaucoup de la figure suivante :


Ares
Mammalia
Reptilia
VERTEBRATA
Pisces
Arachnida
Insecta
Crustacea
ARTICULATA
Myriapoda
ANNULOSA
Annelida
Scoleida
ANNULOIDA
Echinodermata
Cephalopoda
Gasteropoda dicecia
Pulmonata
MOLLUSCA
Brachiopoda
MOLLUSCOIDA
Polyzoa
Rhizopoda
PROTOZOA
Gregarinida
Spongida
Infusoria
Hydrozoa
CŒLENTERATA
Actinozoa

Dans cette figure, les astérisques représentent les ordres, dont il n'est pas possible d'insérer les noms. Supposez que chacun de ces astérisques se résolve en un groupe formé de groupes représentant les genres et les espèces, et vous aurez une idée approximative des relations qui unissent les groupes successivement subordonnés qui constituent le règne animal. Outre la subordination des groupes et leur distribution générale, d'autres faits sont indiqués dans ce tableau. La distance qui sépare les grandes divisions du centre général symbolise grossièrement l'écart qui les éloigne de la forme simple, non différenciée, de matière organique, que nous pouvons considérer comme leur point de départ commun. Dans chaque groupe, l'éloignement du centre local représente, grossièrement, l'écart qui éloigne chaque subdivision du plan général du groupe. La distribution des groupes secondaires dans chaque sous-groupe est telle, dans la plupart des cas, que ceux qui se rapprochent le plus des groupes voisins sont ceux qui présentent avec ces groupes le plus de ressemblance dans leurs analogies, si non dans leurs homologies. Toutefois, nulle figure ne saurait donner une idée exacte. Même en supposant que la figure ci-dessus exprimât les relations des animaux les uns à l'égard des autres aussi bien qu'elles peuvent être représentées sur une surface plane (ce qui n'est pas), elle serait encore insuffisante. De telles relations ne sauraient être représentées dans l'espace à deux dimensions, mais seulement dans l'espace à trois dimensions.

§ 101. En même temps que les arrangements des classifications botaniques et zoologiques revêtaient un caractère plus naturel, leur nomenclature abstraite devenait artificielle en quelque sorte. En agrégeant des groupes plus petits en

des groupes plus grands, et ceux-ci en des groupes encore plus grands, les naturalistes ont adopté certains termes généraux pour exprimer des divisions dans l'ordre de l'accroissement de leur compréhension, et l'usage habituel de ces termes, nécessaires par ce qu'ils conviennent, conduit à supposer tacitement qu'ils répondent à des choses existant réellement dans la nature. On a admis que les espèces, les genres, les ordres et les classes, sont des assemblages d'une valeur définie, que chaque genre est l'équivalent de tout autre genre, au point de vue du degré de netteté de son caractère, et que les ordres sont séparés par des lignes de démarcation qui sont aussi larges à un endroit qu'à l'autre. Bien que cette conviction ne soit pas formulée, les disputes qui renaissent sans cesse parmi les naturalistes, sur les questions de savoir si tels organismes sont spécifiquement ou génériquement distincts, et si telle ou telle particularité possède ou non l'importance d'un caractère ordinal, ces disputes révèlent que cette conviction est entretenue par ceux mêmes qui ne l'avouent pas. Pourtant il suffit que des différences d'opinion comme celles-ci ne cessent de se produire et demeurent sans solution, à moins de donner lieu à l'établissement de sous-espèces, de sous-genres, de sous-ordres, de sous-classes, pour prouver que cette conviction n'est point justifiable. Ce qui le démontre le mieux, c'est qu'il est impossible d'obtenir une définition du degré de différence qui autorise une promotion dans la hiérarchie des classes.

C'est une hypothèse toute gratuite que d'admettre que les organismes puissent être rangés dans des groupes de valeur équivalente, et que ceux-ci puissent être réunis en des groupes plus larges qui aient aussi une valeur équivalente; et ainsi de suite. Il n'y a pas de raison *à priori* d'attendre ce résultat, et il n'existe pas de témoignage *à postériori* qui l'implique,

sauf la pétition de principe qui consiste à dire qu'un caractère distinctif est générique ou ordinal, parce qu'on suppose que tels caractères doivent être génériques ou ordinaux. L'effort que l'on fait pour colloquer des plantes ou des animaux dans des compartiments définis, ressemble à celui qu'on fait pour les obliger à entrer dans une série rectiligne. Non qu'il fasse autant de violence aux faits, mais il leur fait violence. Sans doute il est extrêmement utile de faire des divisions et des subdivisions, ou mieux, c'est absolument nécessaire. Sans doute, aussi, pour ramener les faits à des arrangements qui ressemblent à de l'ordre, il faut les violenter quelque peu. Il n'y a pas de mal à le faire, tant que la forme violentée n'usurpe pas la place de la forme réelle. Mais il ne faut pas oublier que, si nos groupes subordonnés par séries correspondent d'une manière générale aux réalités, ils ne laissent pas de donner aux réalités une régularité qui n'existe pas.

§ 102. Ces classifications mettent en lumière une vérité générale d'une grande importance. Quand nous considérons les attributs communs aux membres d'un groupe de premier, ou de second, ou de troisième, ou de quatrième rang, nous voyons que les groupes de la plus grande généralité sont basés sur des caractères de la plus grande importance au point de vue physiologique, et que les caractères des groupes subordonnés par séries, sont des caractères d'une importance subordonnée. La particularité de structure par laquelle tous les membres d'un sous-règne diffèrent de tous les membres d'un autre sous-règne est une particularité qui influe sur les actions vitales plus profondément que ne fait la particularité de structure qui distingue tous les membres d'une classe de tous les membres d'une autre classe. Voyons quelques exemples.

Nous avons vu (§ 55) que la plus profonde division entre les fonctions est celle qui les sépare en « *accumulation de force* (force latente dans la substance nutritive), en *dépense de force* (force latente dans les tissus et certaines matières absorbées par les tissus) et en *transmission de force* (force latente dans la substance nutritive élaborée, ou sang). » Or, les animaux inférieurs réunis sous le nom général de protozoaires, sont ceux dans lesquels il n'y a pas de séparation, ou bien il n'y a qu'une séparation très-peu tranchée des parties chargées d'accomplir ces fonctions : chez les rhizopodes toutes les parties sont également accumulateurs de force, dépenseurs de force et transmetteurs de force; et, bien que chez les membres les plus différenciés du groupe des infusoires, il existe quelque chose qui ressemble aux spécialisations correspondantes à ces fonctions, pourtant il n'existe pas de tissu distinct qui leur soit approprié. Les animaux appelés cælentérés ont pour caractère commun que la partie qui accumule de la force est plus ou moins distincte de celle qui n'en accumule pas, mais qui ne fait qu'en dépenser. Les hydrozoaires et les actinozoaires, subdivision des cælentérés, diffèrent en ce que, chez les uns, ces parties sont vaguement différenciées et que chez les autres elles sont nettement séparées; en même temps que plus compliquées. Outre une différenciation plus complète des organes respectivement consacrés à l'accumulation de force et à la dépense de force, les animaux appelés molluscoïdes possèdent de grossiers organes pour la transmission de la force; le sac péri-viscéral, ou cavité close située entre l'intestin et les parois du corps, sert de réservoir à la substance alimentaire absorbée, d'où les tissus circonvoisins tirent les matériaux dont ils ont besoin. Les animaux d'une organisation supérieure, à quelque sous-règne qu'ils appartiennent, pos-

sèdent sans exception des conduits à structure définie pour la transmission de la force; et dans tous, la fonction de la dépense se partage entre un appareil directeur et un appareil exécutif, un système nerveux et un système musculaire. Mais ces sous-règnes supérieurs sont nettement séparés les uns des autres par des différences dans les positions relatives des systèmes d'organes qui les composent. Le professeur Huxley définit le type des vertébrés, un type dans lequel le système nerveux ganglionnaire est placé sur le côté dorsal du canal alimentaire, tandis que le système vasculaire central réside sur le côté ventral, et dans lequel existe de plus un second système nerveux plus remarquable que le premier, situé sur le côté dorsal de l'axe vertébral : propriété nouvelle qui est peut-être le caractère le plus essentiel du groupe. Les types des annelés et mollusques sont l'un et l'autre distingués du type vertébré par l'unicité du système nerveux, et sa position sur le côté ventral du corps : l'attitude habituelle des annelés et des mollusques est telle que les centres nerveux sont placés au-dessous du canal alimentaire, et les centres sanguins au-dessus. En même temps que ces caractères séparent les types annelé et mollusque du type vertébré, une chose les sépare l'un de l'autre, c'est que chez les uns le corps « se compose de segments successifs, ordinairement pourvus de membres », et que chez les autres il n'est pas segmenté, « et ne porte pas de membres, articulés ».

Après avoir distingué l'un de l'autre les sous-règnes, d'après la présence ou l'absence de parties consacrées à des fonctions fondamentales, ou d'après des différences dans la distribution de ces parties, nous rencontrons en descendant l'ordre des classes, qu'elles se distinguent les unes des autres, soit par des modifications dans la structure des

parties fondamentales, soit par la présence ou l'absence de parties subsidiaires, ou par ces deux caractères. Les poissons et les amphibiens diffèrent des vertébrés supérieurs en ce qu'ils possèdent des branchies, soit durant toute leur vie, soit durant les premiers temps de la vie. Tout vertébré supérieur a pour caractère, non-seulement de posséder des poumons, mais, pendant sa période de développement intra-utérin, un amnios et une vésicule allantoïde. De plus, les mammifères se distinguent des oiseaux et des reptiles en ce qu'ils ont des mamelles, aussi bien que par la forme de leurs condyles occipitaux. Chez les mammifères, la division suivante repose sur la présence ou l'absence d'un placenta. Enfin les divisions des animaux *placentaires* sont surtout distinguées par les caractères des organes de l'action externe.

Ainsi, sans multiplier les faits et sans descendre aux genres et aux espèces, nous voyons que, généralement parlant, les groupes successivement plus petits se distinguent entre eux par des traits d'une importance successivement moindre au point de vue physiologique. Les attributs que possèdent en commun les plus grands groupes d'organismes sont en petit nombre, mais absolument essentiels : ils affectent radicalement les actions les plus vitales. Tout assemblage secondaire compris dans l'un des assemblages primaires se trouve caractérisé par d'autres attributs communs qui influencent les fonctions moins profondément, et ainsi de suite à chaque ordre inférieur de l'assemblage.

§ 103. Quelle interprétation peut-on donner de ces variétés de classification? Nous trouvons que les formes organiques peuvent être disposées de manière à exprimer partout le fait qu'à côté de certains attributs existent toujours

d'autres attributs qui ne sont pas rattachés aux premiers par un rapport direct. Comment rendre compte de ce fait? Et comment rendre compte de cet autre fait que les attributs communs aux plus vastes assemblages de formes organiques sont les attributs des plus essentiels?

On ne saurait croire que les combinaisons de ce genre aient pu se produire fortuitement; ou bien, si l'on était porté à l'admettre, il serait aisé de voir que la loi des probabilités repousse cette hypothèse. Même en supposant que des combinaisons fortuites d'attributs donnent lieu à des organismes, nous manquerions encore d'une raison qui nous explique le mode spécial de combinaison de ces organismes. Il y a une infinité de chances contre une qu'il ne se produira pas des organismes possédant en commun certains attributs fondamentaux qui possèdent aussi en commun des attributs non essentiels.

Personne n'affirmera non plus que ces combinaisons sont nécessaires, par la raison que toutes les autres seraient impraticables. Il n'y a pas dans la nature des choses de raison pour que les créatures couvertes de plumes aient toujours un bec; des mâchoires armées de dents leur auraient dans bien des cas été autant et même plus utiles. Le caractère le plus général de tout un sous-règne aussi étendu que celui des vertébrés aurait bien pu être la possession de membranes clignotantes, alors même que l'organisation intime de ce sous-règne tout entier aurait été construite sur plusieurs plans différents.

D'autre part, si l'on veut expliquer par l'hypothèse d'un plan, la subordination particulière d'attributs que nous présentent les formes organiques, d'autres difficultés se présentent. Supposer qu'un certain plan d'organisation a été fixé par un créateur pour chaque groupe étendu et varié, dont

les membres étaient destinés à mener des genres de vie différents, et que le créateur s'est condamné à rester fidèle observateur de ce plan, même pour les formes les plus aberrantes du groupe, alors qu'un autre plan eût mieux convenu, c'est invoquer une raison bien étrange. Quand nous découvrons que l'existence de sept vertèbres cervicales est un caractère général des mammifères, que le cou soit d'une longueur immense comme chez la girafe, ou tout rudimentaire, comme chez la baleine, et que nous sentons que pour le cou de la baleine une vertèbre eût été bien assez, et que pour le cou de la girafe il eût mieux valu une douzaine de vertèbres que sept, dirons-nous que sept est le nombre auquel le créateur s'est conformé dans tous les cas, parce que sept était le nombre fixé pour le type des mammifères? Et puis, s'il arrive que l'existence de sept vertèbres cervicales ne soit pas un caractère absolument universel des mammifères, conclurons-nous que, tout en restant fidèle sans nécessité à son plan par amour de la symétrie, le créateur n'a pas laissé dans quelques cas d'y déroger par une inconséquence? Je crois que nous pourrons bien nous refuser à tirer cette conclusion.

Quel est donc le sens de ces rapports particuliers des formes organiques? Il faut ajourner la réponse à cette question. Nous venons de considérer le problème tel qu'il se présente dans les vastes inductions que les naturalistes ont tirées; et nous avons vu quelles explications de ces inductions sont inadmissibles; nous verrons, dans la troisième partie de ce livre, quelle est la seule solution qu'on en puisse donner.

CHAPITRE XII

DISTRIBUTION

§ 104. Il y a une distribution d'organismes dans l'espace, et il y a une distribution d'organismes dans le temps. En commençant d'abord par la distribution dans l'espace, nous remarquons deux classes de faits. D'une part, les plantes et les animaux de chaque espèce ont évidemment leurs habitats limités par des conditions extérieures ; ils sont nécessairement réduits à des espaces dans lesquels leurs actions vitales peuvent s'accomplir. D'autre part, l'existence de certaines conditions ne détermine pas la présence d'organismes qui y trouveraient un milieu convenable : il y a bien des espaces parfaitement adaptés à la vie d'êtres supérieurs, et dans lesquels on ne trouve que des êtres d'ordre bien inférieur. Si, d'un côté, la restriction qui limite les organismes aux milieux auxquels leur nature correspond, est une cause *négative* de distribution, il nous reste à trouver la cause *positive* de distribution, d'où résulte la présence d'organismes dans certains lieux qui leur sont appropriés, et leur absence d'autres lieux qui leur sont également, ou même encore plus appropriés. Examinons les faits d'après ces catégories.

§ 105. Les faits qui montrent l'influence des conditions du milieu sont abondants et connus de tous les lecteurs. Toutefois, il sera nécessaire de rapporter quelques exemples typiques de chaque ordre.

Le confinement des diverses espèces de végétaux et de différentes espèces d'animaux dans le milieu auquel chaque espèce est adaptée, est le fait de distribution le plus général. Nous connaissons des groupes de plantes qui sont respectivement sub-aériennes, et sub-aqueuses; parmi les sub-aqueuses, les unes sont exclusivement marines, et d'autres n'existent que dans les rivières et les lacs. Chez les animaux, nous trouvons pareillement des classes confinées dans l'air et d'autres dans l'eau; et parmi ceux qui respirent dans l'eau, il en est qui ne se trouvent que dans les eaux salées et d'autres dans les eaux douces. Mais on sait moins que, dans chacun de ces milieux extrêmement différents, il y a encore un très-grand nombre de régions qui limitent les habitats des espèces. Dans la mer, certains organismes n'existent qu'entre certaines profondeurs, et d'autres organismes entre d'autres profondeurs : le lépas vit dans la zone du littoral, et la globigerine au fond de l'Atlantique; sur terre, il y a des flores et des faunes particulières aux régions basses, et d'autres particulières aux régions élevées. Ensuite viennent les limitations connues de tous qu'impose le climat. Il y a des conditions de température qui restreignent chaque espèce entre certaines lignes isothermes; il y a des conditions hygrométriques qui s'opposent à l'extension de chaque espèce d'organismes, en dehors des aires qui ont un certain degré d'humidité ou de sécheresse. Outre ces limitations générales, nous en trouvons qui sont très-spéciales. Certains végétaux de petite dimension ne se rencontrent que dans la neige. Les printemps chauds ont des espèces

particulières d'infusoires. Les mines et d'autres localités où la lumière ne pénètre pas, sont les habitats de certains champignons. Il y a des animaux qu'on ne trouve pas ailleurs que dans les eaux de certaines cavernes. Après ces limites que les conditions physiques imposent à la distribution, viennent les limites d'un ordre différent imposées par la présence ou l'absence d'autres organismes. Évidemment les herbivores sont limités à des régions qui produisent les plantes dont ils se nourrissent. Les grands carnivores ne sauraient exister hors des régions où il y a des créatures assez nombreuses et assez grosses pour leur servir de proie. Les nécessités de la vie du paresseux le limitent à certains espaces couverts de forêts, et il ne saurait y avoir de chauves-souris insectivores où il n'y a pas d'insectes nocturnes volants. A ces relations de dépendance qui rattachent les organismes relativement supérieurs aux organismes relativement inférieurs qu'ils détruisent, il faut ajouter certaines relations de dépendance réciproque qui unissent l'inférieur au supérieur. Les recherches de Darwin ont montré qu'en général la fécondation des plantes dépend des insectes, et que certains végétaux qui ne peuvent être fécondés que par l'intervention d'insectes d'une certaine structure sont limités aux régions habitées par les insectes de cette structure. Inversement, l'extension des organismes est souvent limitée par la présence de certains autres organismes au delà de leurs limites, d'organismes compétiteurs ou nettement hostiles. Un végétal qui conviendrait très-bien à une localité voisine de celle qu'elle occupe, ne l'envahit pas parce que cette localité est occupée par quelque végétal qui lui est supérieur, soit en fécondité soit par la faculté de résistance aux forces qui tendent à le détruire, ou aussi parce que dans cette localité vit un mammifère qui broute ses feuilles. Pa-

reillement un territoire où des animaux d'une certaine espèce pourraient prospérer, n'est pas colonisé par ces animaux, parce qu'ils ne sont pas assez rapides à la course pour échapper à une certaine bête de proie qui vit dans ce territoire; ou parce que le pays est infesté par un insecte qui les détruit, comme le tsetsé détruit le bétail dans certaines parties de l'Afrique. Le parasitisme est la cause d'un autre genre de limitations. Il y a des végétaux parasites qui ne prospèrent que sur les arbres d'un petit nombre d'espèces, et d'autres qui ont certains animaux pour habitats, comme le champignon si fatal au ver-à-soie, ou celui qui se développe d'une façon si étrange sur une chenille de la Nouvelle-Zélande. Nous connaissons plusieurs genres de parasitisme animal qui exercent chacun une influence spéciale sur la distribution des animaux. Nous connaissons une espèce de parasitisme où un animal se sert d'un autre pour changer de place; le *chenolobia*, par exemple, se sert de la tortue, et une certaine actinie se sert de la coquille habitée par un bernard l'hermite. Nous en trouvons un autre chez un animal qui en accompagne d'ordinaire un autre pour prendre une part de sa proie, comme l'annélide qui établit sa demeure dans la coquille occupée par un bernard l'hermite, et enlève à cet animal les morceaux qu'il est en train de manger. Nous connaissons encore une espèce de parasitisme plus commune, celle des *épizoaires*, animaux qui s'attachent à la surface d'autres animaux et se nourrissent de leurs humeurs et de leurs sécrétions. Nous avons encore le parasitisme également commun des *entozoaires*, animaux qui vivent au dedans d'autres animaux. Outre qu'elle est restreinte dans sa distribution aux corps des organismes qu'elle infeste, chaque espèce de parasite se trouve encore soumise à des limitations plus étroites : dans certains cas,

les organismes infestés ne fournissent des habitats appropriés aux parasites que dans certains états constitutionnels. Il existe plusieurs modes suivant lesquels la distribution de certains organismes influe directement sur celle d'autres organismes. Des plantes d'une certaine espèce servent d'aliment à des animaux, mais seulement en l'absence d'espèces qu'ils préfèrent; la prospérité de ces plantes dépend donc de la présence des plantes préférées. M. Bates a fait voir que certains papillons de l'Amérique du Sud prospèrent dans des régions où les oiseaux insectivores devraient les détruire, et que cela vient seulement de ce qu'ils ressemblent exactement à d'autres papillons que ces oiseaux n'aiment pas. M. Darwin nous a fait connaître des faits de dépendance encore plus éloignés et plus compliqués.

Telles sont les principales causes négatives de distribution, telles sont les forces organiques et inorganiques qui imposent des limites aux espaces habités par chaque espèce d'organismes. Pour bien comprendre leurs actions, nous devons les étudier à l'œuvre, non pas séparément, mais combinées. Il y a à tenir compte des influences physiques qui varient d'une année à l'autre, et qui produisent tantôt une extension ou une réduction de l'habitat dans un sens, tantôt dans un autre, et qui sont les causes d'extensions ou de réductions secondaires par leurs effets sur d'autres genres d'organismes. Nous avons à tenir compte de la distribution de chaque organisme en ce qu'elle est affectée non-seulement par des causes qui favorisent la multiplication de la proie ou des ennemis sur sa propre surface d'habitation, mais aussi par des causes qui produisent ces résultats sur des surfaces voisines. Nous avons à nous représenter les forces qui maintiennent la limite, parmi lesquelles comptent toutes les influences météorologiques, unies aux influences

directes ou plus ou moins éloignées de presque tous les organismes coexistants.

Un principe général, signalé par quelques-uns des savants que nous avons cités, attire spécialement notre attention. C'est que chaque organisme ne cesse pas d'empiéter sur la sphère d'existence des autres. Des diverses manières dont cet empiétement se produit, la plus commune est l'invasion du territoire. La tendance que nous reconnaissons chez les races humaines à envahir et à occuper les territoires des autres races, comme aussi les régions habitées par des êtres inférieurs, est une tendance qui appartient à toutes les classes d'organismes, et qu'ils manifestent de toutes les manières. Chez les animaux comme chez l'homme, il y a des conquêtes permanentes, des occupations temporaires, des incursions accidentelles. Les migrations annuelles sont des exemples de cette tendance, sous sa forme la plus familière. Chaque année, au printemps, les hirondelles du Sud viennent envahir la surface occupée chez nous par les oiseaux muscivores indigènes, et chaque hiver les litornes du Nord (*turdus pilaris*) viennent partager les églantines et les cenelles de nos haies avec les oiseaux de nos pays : il en résulte une occupation partielle de territoire qui amène une certaine mortalité chez les oiseaux indigènes. Outre ces incursions périodiques, il y en a d'irrégulières ; par exemple, celles des sauterelles dans les pays qui n'en sont pas ordinairement infestés, ou celles d'oiseaux étrangers qui de temps en temps visitent en petites bandes des contrées voisines de la leur. De temps à autre, une incursion aboutit à un établissement permanent, peut-être à la conquête sur les espèces indigènes. Dans ces dernières années, une espèce de mauvaise herbe aquatique d'Amérique a pris possession de nos rivières et de nos étangs, et a en quelque sorte sup-

planté les herbes indigènes. Parmi les animaux, nous pouvons citer une petite espèce de fourmi rouge, d'habitudes analogues à celles des fourmis tropicales, qui a envahi plusieurs maisons de Londres. Les rats ont probablement commencé à infester les navires dans les derniers siècles; bon exemple de la promptitude que mettent les animaux à s'emparer des places qui leur sont avantageuses. Les navires qui vont dans l'Inde sont promptement nettoyés des blattes d'Europe par une espèce du même genre, la *blatta orientalis:* exemple qui montre que les invasions heureuses ne durent que jusqu'au moment où des envahisseurs plus puissants entrent en scène. Les organismes ont encore d'autres manières d'empiéter sur les sphères d'existence les uns des autres, qu'en envahissant les territoires qu'ils occupent. Il y a des faits où cette usurpation d'habitude est insignifiante et temporaire, et il y en a où elle est bien marquée et permanente. Les corneilles grises se réunissent souvent aux mouettes et aux courlis pour chercher leur nourriture sur le rivage laissé à sec par les marées; d'autre part, on peut voir de temps en temps des mouettes et des courlis à plusieurs milles dans les terres, picorant dans les terres labourées et dans les bruyères. M. Darwin a observé un oiseau muscivore chassant du poisson. Il ajoute que la grande mésange adopte quelquefois les mœurs du lanier et quelquefois celles de la sittelle; et que certains pics de l'Amérique du Sud sont frugivores, tandis que d'autres chassent les insectes au vol. Voici encore un exemple de l'usurpation habituelle du terrain occupé par d'autres animaux: l'aigle marin (*aquila albicilla*) ne se borne pas à chasser sur terre pour y trouver sa proie à la façon des autres oiseaux de la tribu des faucons, mais il fond souvent sur le poisson. M. Darwin parle d'une espèce de pétrel qui s'est mise à plonger, et y a contracté une modification notable de son or-

ganisation. Ces derniers faits nous conduisent à d'autres faits encore plus remarquables et d'une signification analogue. L'intrusion des organismes dans les manières de vivre les uns des autres va jusqu'à l'intrusion dans les milieux les uns des autres. La grande masse des végétaux phanérogames sont terrestres; il faut qu'il en soit ainsi à cause de leur procédé de fructification. Mais il y en a qui vivent dans l'eau, et qui ne projettent que leurs fleurs à la surface. Il y a même un fait plus frappant : sur les bords de la mer on peut voir une algue à cent yards dans les terres, et une phanérogame pousser des racines dans l'eau salée. Chez les animaux ces échanges de milieux sont nombreux. Presque tous les insectes coléoptères sont terrestres, mais le dytique qui, ainsi que les autres animaux de son ordre, possède une respiration aérienne, a des habitudes aquatiques. Il semble que l'eau soit un milieu spécialement détestable pour la mouche; et cependant M. Lubbock a récemment découvert plus d'une espèce de mouche vivant au-dessous de la surface de l'eau et ne venant à l'air que de temps en temps. Les oiseaux sont spécialement organisés pour vivre dans l'air, mais il y a des tribus d'oiseaux qui ont contracté des habitudes aquatiques, qui nagent à la surface de l'eau et font continuellement des incursions au-dessous de la surface; il y a même certains genres d'oiseaux qui ont totalement perdu la faculté de voler. Chez les mammifères qui ont des membres et des poumons impliquant une organisation pour la vie terrestre, on compte des espèces qui vivent plus ou moins dans l'eau, et sont plus ou moins adaptées à ce milieu. Les rats d'eau et les loutres unissent les deux genres de vie, et ne présentent que de légères modifications du type; les hippopotames passent la plus grande partie de leur temps dans l'eau et y sont un peu mieux adaptés. Les phoques,

qui vivent presque exclusivement dans l'eau, présentent une grande déformation du type des mammifères; les baleines, complétement réduites à la vie aquatique, ont si peu la forme des mammifères qu'on les prend pour des poissons. Par contre, il ne manque pas d'habitants de l'eau qui font des incursions plus ou moins prolongées sur la terre. Les anguilles émigrent de nuit d'un étang à un autre. Il y a un poisson à branchies modifiées d'une façon spéciale, qui possède des rayons de nageoires dont il se sert comme d'échasses, et qui, lorsque les rivières qu'il habite sont desséchées, se met en route pour chercher une meilleure résidence. Tandis que certaines espèces de crabe ne font pas d'expéditions terrestres au delà de la limite de la marée haute, d'autres mènent une vie à peu près exclusivement terrestre.

Il suffit de rapprocher ces deux classes de faits pour se convaincre que les limites de la sphère d'existence de chaque espèce sont déterminées par le balancement de deux systèmes antagonistes de forces. La tendance de chaque espèce à envahir d'autres territoires, d'autres manières de vivre, d'autres milieux, se trouve limitée par la résistance directe et indirecte des conditions organiques et inorganiques. Ces forces expansives et restrictives, variant sans cesse dans leur intensité respective, s'équilibrent mutuellement d'après un rhythme, et respectent une limite qui oscille perpétuellement, de chaque côté d'une certaine ligne médiane.

§ 106. Comme nous l'avons admis en commençant, le caractère d'une région s'il est défavorable à une espèce, en explique suffisamment l'absence; l'absence de cette espèce n'est donc point incompatible avec l'hypothèse que chaque

espèce était originellement placée dans les régions qui lui sont le plus favorables. Mais on ne saurait plus expliquer, par cette hypothèse, l'absence d'une espèce dans les régions qui lui *sont* favorables. Si les plantes et les animaux étaient complétement localisés d'après l'adaptation de leur constitution à ces conditions ambiantes, nous pourrions nous attendre à rencontrer des flores et des faunes similaires, quand les conditions sont similaires, et nous pourrions nous attendre à rencontrer des dissemblances dans les flores et les faunes proportionnées aux dissemblances de leurs conditions. Or nous ne voyons pas que ces suppositions se vérifient. « Dans l'hémisphère austral, nous dit M. Darwin, si nous comparons de grandes étendues en Australie, dans l'Afrique méridionale, dans l'ouest de l'Amérique du Sud, entre les 25e et 35e degrés de latitude, nous trouverons des régions extrêmement semblables dans toutes leurs conditions, et pourtant il n'est pas possible de rencontrer trois faunes et trois flores plus complétement dissemblables. Nous pouvons comparer les productions de l'Amérique du Sud au 35e degré de latitude avec celles du 25e degré de latitude nord, productions qui occupent des climats très-différents, et on les trouvera incomparablement plus voisines entre elles, que ne le sont celles de l'Afrique à peu près sous le même climat. » Bien plus frappantes encore sont les différences que M. Darwin signale entre des surfaces très-rapprochées, mais complétement séparées l'une de l'autre. « Il n'y a pas deux faunes marines plus distinctes, qui possèdent à peine un seul poisson, un seul mollusque, un seul crustacé, qui leur soit commun, que celles des rivages oriental et occidental de l'Amérique du Sud et de l'Amérique centrale; et pourtant ces grandes faunes ne sont séparées que par l'isthme étroit mais infranchissable de Panama. » Sur les versants op-

posés des hautes chaînes de montagnes on trouve aussi des différences dans les formes organiques, différences moins prononcées que lorsque les barrières sont absolument infranchissables, mais bien plus prononcées que ne l'exige la différence des actions physiques.

Un autre fait qui ne donne pas moins à penser, c'est que de grandes surfaces géographiques qui présentent des différences géologiques et météorologiques marquées, sont peuplées de groupes d'organismes à peu près voisins, lorsqu'il n'existe aucune barrière à la migration. « Le naturaliste voyageant, par exemple du nord au sud, ne manque jamais d'être frappé de la façon dont les groupes d'êtres qu'il rencontre successivement, d'espèces distinctes, et pourtant d'une parenté évidente, se remplacent l'un l'autre. Il entend parler d'espèces d'oiseaux très-voisines et pourtant distinctes, il en remarque de très-semblables, et voit leurs nids construits d'une façon analogue, mais non tout à fait semblable, contenant des œufs colorés à peu près de la même manière. Les plaines voisines du détroit de Magellan sont habitées par une espèce du genre *Rhea* (autruche d'Amérique), et plus au nord les plaines de la Plâta le sont par une autre espèce du même genre, et non par une véritable autruche ou émeu, comme celle qu'on trouve en Afrique et en Australie sous la même latitude. Dans les mêmes plaines de la Plata, nous voyons l'agouti et le bizcacha, animaux qui ont à peu près les mêmes habitudes que nos lièvres et nos lapins, et qui appartiennent aussi à l'ordre des rongeurs; mais ils présentent un type de structure américain. Nous gravissons les pics élevés des Cordillères, et nous trouvons une espèce alpine de bizcacha; nous nous tournons du côté des eaux, et nous n'y trouvons ni le castor ni le rat musqué, mais le coypu et le capybara, rongeurs du type

américain. On pourrait encore citer une quantité innombrable de faits. Si nous tournons les yeux du rivage américain vers les îles, quoique beaucoup de ces îles diffèrent par la structure géologique, nous y voyons des habitants qui peuvent bien appartenir à des espèces différentes, mais qui présentent tous le type américain. »

Quelle est la généralisation qui exprime ces deux groupes de faits? D'un côté, nous avons des surfaces pareillement conditionnées, et quelquefois très-proches, occupées par des faunes tout à fait différentes. D'un autre côté, nous trouvons des surfaces de latitudes très-éloignées, et différentes par le sol aussi bien que par le climat, qui sont occupées par des faunes proches parentes. Puis, donc, que des organismes semblables ne se rencontrent pas universellement, ou même généralement, dans des habitats semblables, et qu'on ne trouve pas davantage des organismes très-dissemblabes dans des habitats très-dissemblables, il est évident qu'il n'y a pas d'adaptation prédéterminée manifeste des organismes aux habitats. Si l'on trouve les organismes dans tels et tels endroits, ce n'est pas uniquement parce qu'ils sont spécialement appropriés à ces endroits, ou plus appropriés que d'autres.

L'induction dans laquelle rentrent ces faits, et qui les unit à d'autres faits, est tout autre. Quand nous voyons que les surfaces semblables peuplées par des formes dissemblables sont des surfaces séparées par des barrières infranchissables, tandis que les surfaces dissemblables peuplées par des formes dissemblables, sont celles entre lesquelles il n'existe pas de barrières infranchissables, le principe général dont nous avons déjà trouvé des exemples nous revient en mémoire, à savoir que chaque espèce d'organisme tend toujours à étendre sa sphère d'existence, à envahir d'autres sur-

faces, d'autres modes de vie, d'autres milieux, et, par le moyen de ces tentatives perpétuellement renouvelées pour prendre pied dans tout habitat accessible, s'étale jusqu'à ce qu'elle atteigne des limites pour le moment insurmontables.

§ 107. Passons à la distribution des formes organiques dans le temps. La géologie a établi que, durant un passé d'une étendue immense, il a existé sur la terre des plantes et des animaux. Dans tous les pays on trouve en grande abondance les débris fossiles de ces organismes. On en a exhumé des espèces extrêmement nombreuses de régions peu étendues. Toute recherche dans de nouvelles régions, ou un examen plus attentif des régions déjà explorées amène au jour de nouvelles espèces. Il est hors de doute qu'un examen complet des couches à nu, et de toutes celles que la mer recouvre encore, découvrirait des formes en nombre immensément supérieur à celui des formes actuellement connues. En outre, il devient évident pour les géologues, qu'eussions-nous devant nous toutes les espèces de fossiles existantes, nous n'aurions pas le catalogue complet des êtres qui ont habité notre globe dans le passé. On sait depuis longtemps que plusieurs dépôts sédimentaires ont été altérés par la chaleur des matières voisines en fusion, au point que les restes organiques qu'elles contiennent ont été effacés en grande partie. On admet que les formations étendues, appelées autrefois terrains de transition et aujourd'hui métamorphiques, sont d'origine sédimentaire, et que toutes les traces de fossiles qu'elles renfermaient probablement ont été détruites par l'action ignée. La conclusion qui s'impose à nous, c'est que la roche ignée a été partout le résultat de la fusion complète des couches de détritus primitivement déposées au fond des eaux. Com-

bien de temps les réactions du noyau en fusion de la terre sur sa croûte refroidie ont-elles mis à détruire les archives de la vie ensevelies dans l'épaisseur de cette croûte refroidie? Il est impossible de le dire. Aussi ne possédons-nous que des données extrêmement imparfaites pour tirer des conclusions relativement à la distribution des formes organiques dans le temps. Toutefois, il y a quelques généralisations que nous pouvons tenir pour établies.

Une de ces données nous apprend que les végétaux et les animaux actuellement existants diffèrent des plantes et des animaux qui ont existé. Quoiqu'il y ait des espèces communes à notre faune actuelle et aux faunes passées, on peut dire pourtant que l'*aspect* de notre faune présente diffère plus ou moins de l'*aspect* de chaque faune passée. Si nous poursuivons la comparaison, nous trouvons que les faunes passées diffèrent entre elles, et que les différences qui les distinguent sont proportionnées à la longueur des intervalles de temps qui les séparent, comme on peut le mesurer par leur position respective dans la série des sédiments. De sorte que si nous prenons l'ensemble des formes organiques vivant actuellement, et que nous le comparions avec les ensembles successifs des formes organiques qui ont vécu aux époques géologiques successives, nous trouvons que plus nous remontons dans le passé, plus la dissemblance devient grande : d'abord le nombre des espèces et des genres communs aux ensembles composés devient de plus en plus petit, et les ensembles diffèrent de plus en plus par leurs caractères généraux. Sans doute une espèce de brachiopodes actuellement existante est à peu près identique à celle que l'on trouve dans les couches siluriennes, et la faune silurienne contient plusieurs genres de mollusques qui appartiennent à la nôtre; mais il est indéniable qu'il existe un

rapport entre l'espace qui sépare ces faunes et la divergence des faunes organiques.

Cette divergence est relativement lente et continue où il y a continuité dans les formations géologiques; mais elle est soudaine et relativement grande où il y à une grande brèche dans la succession des couches. Les différences qui se produisent graduellement ou toutes à la fois dans les formations continues ou discontinues, sont de deux espèces. Les faunes des différentes époques se distinguent en partie par l'absence d'un des types présents dans l'autre, et en partie par la dissemblance entre les types communs à l'une et à l'autre. Les différences distinctives entre les faunes dues à l'apparition ou à la disparition des types, sont d'une valeur secondaire; il est possible ou probable qu'elles ne signifient pas autre chose que des migrations ou des extinctions. Les différences distinctives les plus importantes par leur signification sont celles qui séparent les groupes succèssifs d'organismes du même type. Dans ces groupes successifs, comme nous l'avons déjà dit, les différences qui se produisent sont, généralement parlant, petites et continues lorsqu'une série de couches régulières fournit la preuve de l'existence continue du type dans la localité; tandis qu'elles sont comparativement grandes et brusques quand il y a des preuves qu'entre la formation des couches adjacentes, il s'est écoulé une longue période.

Un autre fait sur lequel M. Darwin se fonde comme un de ceux auxquels la paléontologie donne une certitude suffisante, c'est que les formes et les groupes de formes qui ont une fois disparu du globe, n'y reparaissent plus. Un petit nombre d'espèces et bon nombre de genres se sont perpétués à travers toute la période dont la géologie atteste l'existence. Mais ces faits exceptionnels mis à part, on peut dire

que chaque espèce, après avoir pris naissance, s'étend pendant une période, dure en se multipliant pendant une période et enfin décline et s'éteint; pareillement chaque genre durant une plus longue période, croît par l'augmentation du nombre de ses espèces, et, durant une période plus longue, tombe en décadence, et finit par périr. Une fois sortis, ni l'espèce ni le genre ne rentrent plus en scène. Quatre types de reptiles, jadis abondants, ne se retrouvent point dans les formations récentes et n'existent pas dans la faune actuelle. Sans doute il ne faudrait pas moins qu'un examen complet de toutes les couches pour prouver d'une façon concluante qu'une forme spéciale ou générale d'organisation ne se reproduit plus quand elle s'est une fois perdue; mais il y a tant de faits en faveur de cette induction qu'on ne peut guère en contester la vérité.

Il est impossible actuellement de se faire une idée de la quantité totale et de la tendance générale du changement qui a eu lieu dans les formes organiques durant les époques géologiques mesurées par nos séries de sédiments; les données du problème sont insuffisantes. Le contraste immense qui sépare les formes peu nombreuses et inférieures de la première faune connue, et les formes nombreuses et supérieures de la faune actuellement existante prouve qu'il y a eu non-seulement un grand changement, mais un grand progrès. Néanmoins, il se peut que cette apparence de progrès soit en grande partie illusoire, et elle l'est probablement. Une connaissance plus étendue, et des interprétations meilleures, ont mis hors de doute que des restes d'êtres relativement bien organisés existent en réalité dans des couches qu'on a cru longtemps n'en pas contenir; et que lorsque ces restes manquent réellement, la nature des couches fournit souvent une explication suffisante de leur absence, sans qu'on soit obligé

d'admettre que ces êtres n'existaient pas à l'époque où ces couches se sont formées. C'est aujourd'hui une hypothèse soutenable que les types de plus en plus élevés, conservés à l'état fossile dans les dépôts, à mesure qu'ils se rapprochent de notre temps, n'indiquent rien de plus que des migrations successives d'animaux qui ont quitté des continents préexistants pour des continents qui émergeaient graduellement de l'Océan : migrations qui commencèrent nécessairement par les ordres inférieurs et ne comprirent les ordres supérieurs que lorsque les nouvelles terres devinrent plus accessibles et furent mieux appropriées à leurs conditions d'existence (1).

Mais si l'on ne peut pas se fier à la preuve que l'on croit d'ordinaire capable de démontrer la progression, il y a une preuve digne de foi qu'il n'existe, dans bien des cas, que peu ou point de progression. Bien que les types qui ont existé depuis les époques paléozoïques et mésozoïques jusqu'aux temps actuels, soient à peu près universellement changés, la comparaison des membres anciens avec les membres modernes de ces types, ne laisse pas de montrer que la quantité totale de changement n'est pas relativement grande, et qu'elle n'indique pas une tendance vers une organisation supérieure. Sans doute presque toutes les formes vivantes qui ont des prototypes dans les formations primitives, diffèrent de ces prototypes d'une manière spécifique, et, dans la plupart des cas, générique; mais les particularités ordinales se sont dans un très-grand nombre de cas, conservées depuis les temps géologiques primitifs dont il existe des vestiges jusqu'à nos jours; et rien ne nous prouve la supériorité des genres de ces ordres qui existent actuellement. Dans sa leçon sur les

(1) Voyez l'article intitulé ILLOGICAL GEOLOGY : *Essays;* second series.

Types persistants de la vie animale, le professeur Huxley en a cité un grand nombre de cas. Se fondant sur l'autorité du docteur Hooker, « il y a, dit-il, des plantes carbonifères qui semblent être génériquement identiques à certaines plantes vivant actuellement : le cône de l'*Araucaria* de l'oolithe se distingue à peine de celui d'une espèce existante; on trouve un véritable pin dans les carrières de Purbeck et un *juglans* dans la craie. » Parmi les animaux, Darwin cite les coraux paléozoïques et mésozoïques très-semblables à certains coraux actuellement existants, des genres de mollusques siluriens qui répondent à des genres actuels, des insectes et des arachnides dans les formations carbonifères qui ne diffèrent guère de certains insectes ou arachnides contemporains que par le genre. Il cite « le *Pleuracanthus* des terrains dévonien et carbonifère, qui ne diffère pas plus des requins actuels que ceux-ci ne diffèrent les uns des autres » ; des reptiles des premiers temps mésozoïques « identiques dans les caractères essentiels de leur organisation à ceux qui vivent actuellement; des mammifères triasiques qui ne diffèrent pas « beaucoup plus de ceux d'aujourd'hui que ceux-ci ne diffèrent entre eux ». Poursuivant le même sujet dans son *Anniversary Address to the Geological Society* en 1862, le professeur Huxley a cité beaucoup de faits dans lesquels les changements survenus ne sont pas des changements dans le sens d'une organisation plus spécialisée ou supérieure : il demande en quoi la tortue liasique est inférieure à celles qui vivent aujourd'hui. En quoi les ichthyosaures, les plésiosaures et les ptérosaures de la craie sont des organismes moins embryonnaires ou plus différenciés que ceux du lias? Toutefois, en soutenant que dans la plupart des cas, « il n'y a pas de preuve positive d'une modification progressive quelconque vers un type moins em-

bryonnaire ou moins généralisé dans un grand nombre de groupes d'animaux qui ont joui d'une existence géologique prolongée », le professeur Huxley ajoutait qu'il y a d'autres groupes « existant à côté d'eux, sous les mêmes conditions, dans lesquels il semble qu'on puisse retrouver des traces plus ou moins distinctes d'un progrès. » A l'appui, il cite le développement perfectionné des vertèbres qui caractérise certains poissons et reptiles plus modernes, comparés à d'anciens poissons et reptiles des mêmes ordres; ainsi que la « régularité et l'égalité de la dentition de *l'Anoplothérium* en opposition aux caractères de la dentition chez les artiodactyles contemporains ».

Les faits que nous venons de résumer ne prouvent pas que des formes supérieures n'aient pas paru sur la terre dans le cours des temps géologiques, pas plus que les faits cités communément ne prouvent que des formes supérieures n'y soient pas apparues. Le professeur Huxley ne leur accorde pas cette valeur. Si les types qui ont survécu depuis les périodes paléozoïques et mésozoïques jusqu'à nos jours, étaient les seuls types qui aient existé, et si les modifications, portant rarement au delà des limites du genre, que ces types ont subies, ne fournissaient pas de meilleures preuves d'une complexité croissante qu'elles n'en donnent actuellement, il faudrait en conclure qu'il n'existe aucun progrès sensible dans les formes organiques. Mais il existe actuellement, et il a existé pendant les époques géologiques plus récentes, divers types qui ne paraissent pas avoir existé aux époques antérieures, dont quelques-uns sont très-différents des types persistants, et d'autres leur ressemblent beaucoup. Jusqu'ici, nous ne savons rien des origines des nouveaux types. Mais il est bien possible que des causes, comme celles qui ont produit des différences génériques dans les types persistants, aient pu, dans

un petit ou un grand nombre de cas, produire des modifications assez grandes pour constituer des différences ordinales, qu'elles aient pu aboutir à la formation de types qui sont maintenant considérés comme distincts. Si des différences de structure, ne dépassant pas certaines limites modérées, sont tenues seulement pour des distinctions génériques ; et si des organismes qui présentent des différences de structure plus grandes sont regardées comme distinctes quant à l'ordre et au type, il est clair que la persistance d'un type donné pendant une longue période géologique sans autre déviation apparente que celles d'une valeur générique, ne prouve aucunement la production de déviations plus grandes ; puisque les formes résultant de ces déviations plus grandes, étant regardées comme des formes d'un type distinct, ne peuvent pas servir de preuve du grand changement subi par le type original. Ce que prouve l'argument du professeur Huxley, et ce qu'il prouve seulement à ses yeux, c'est que les organismes n'ont aucune tendance native à prendre des formes supérieures, et « que toute hypothèse admissible de modification progressive doit être compatible avec la persistance sans progression pendant des périodes de durée indéfinie. »

Nous devons ajouter un fait très-significatif touchant la relation entre la distribution dans le temps et la distribution dans l'espace. Je cite Darwin : « M. Clift a fait voir, il y a plusieurs années, que les mammifères fossiles des cavernes de l'Australie étaient très-proches parents des marsupiaux vivants de ce continent. Dans l'Amérique du Sud, l'œil le moins exercé reconnaît de suite une pareille relation dans les pièces gigantesques de l'armure de l'armadillo par exemple, que l'on trouve dans plusieurs parties de la Plata ; et le professeur Owen a montré de la manière la plus frappante que

la plupart des mammifères fossiles ensevelis en ces lieux en si grand nombre se rapportent tous au type américain du Sud. Où l'on voit le mieux cette relation, c'est dans l'admirable collection d'ossements fossiles recueillis par MM. Lund et Clausen dans les cavernes du Brésil. J'ai reçu de ces faits une si vive impression que j'ai fortement insisté en 1839 et en 1845 sur la *loi de succession des types*, sur « cette admirable relation qui unit sur le même continent les types éteints aux types vivants ». Le professeur Owen a plus tard étendu la même généralisation aux mammifères de l'ancien monde. Nous retrouvons la même loi dans les restaurations que ce savant a faites des oiseaux gigantesques aujourd'hui éteints de la Nouvelle-Zélande. Nous la voyons aussi dans les oiseaux du Brésil. M. Woodward a fait voir que la même loi se vérifie chez les coquillages, mais à cause de la distribution étendue de la plupart des genres de mollusques, elle n'y est pas très-apparente. On pourrait citer encore d'autres faits, comme la relation entre les coquillages terrestres éteints et ceux qui vivent encore à Madère, et ceux des coquillages d'eau saumâtre éteints et vivants de la mer Aralo-Caspienne. »

Les résultats généraux sont donc les suivants : ce que nous savons de la distribution dans le temps provenant entièrement du témoignage fourni par les fossiles, se trouve limité aux époques géologiques dont il reste des vestiges; on ne saurait donc l'étendre aux époques prégéologiques dont les traces ont été effacées. De ces vestiges connus, qui probablement ne forment qu'une petite fraction de tout ce que la terre en conserve, les faits généraux qu'on peut déduire sont les suivants : les types organiques qui ont vécu pendant des époques successives, ont presque universellement subi des modifications dépassant les limites de l'espèce et du genre, modifications dont la grandeur a été ordinaire-

ment en proportion de la longueur de la période. Outre les types qui ont persisté depuis les anciennes époques jusqu'à la nôtre, d'autres types ont de temps en temps fait leur apparition dans la série ascendante de nos couches, types dont certains sont inférieurs et d'autres supérieurs aux types dont il existe des vestiges connus. Mais d'où les types nouveaux sont-ils venus? quelqu'un d'entre eux s'est-il produit par une déviation des types antérieurs? les faits ne nous permettent pas de le dire. Dans le cours de longues époques géologiques, presque toutes les espèces, la plupart des genres et quelques ordres, se sont éteints; une espèce, un genre, un ordre qui a une fois disparu de la terre ne reparaît plus. Enfin, la faune qui occupe maintenant un territoire distinct à la surface de la terre est très-proche parente de la faune qui existait sur cette surface durant les temps géologiques récents.

§ 108. Laissant de côté diverses généralisations de moindre importance, dont l'exposition demanderait trop de détails, que faut-il dire de ces généralisations majeures?

On ne saurait dire que la distribution dans l'espace suppose que les organismes ont été destinés à leurs habitats particuliers, et qu'ils y ont été placés; puisque, outre l'habitat où on trouve un organisme, il en est d'autres aussi bons ou même meilleurs pour lui où on ne le trouve pas, et pour lesquels il est mieux adapté que les organismes qui les occupent, à tel point qu'il les en expulse quand l'occasion s'en présente. Nous ne pouvons pas non plus supposer que les faunes et les flores aient été établies pour une fin, puisque s'il en était ainsi, on ne comprendrait pas pourquoi les faunes et les flores sont fort peu différentes dans les régions très-éloignées les unes des autres mais où les migrations sont

possibles, tandis qu'elles sont très-différentes dans des régions adjacentes entre lesquelles les migrations sont impossibles.

Passons aux distributions dans le temps. Deux questions se posent. Pourquoi, durant la presque totalité de la vaste période géologique connue, aucune des faunes organiques supérieures qui couvrent aujourd'hui la terre n'a-t-elle existé? comment se fait-il que nous ne trouvions pas de trace d'un être vivant doué de puissantes facultés pour acquérir la connaissance et le bonheur? On répond que la terre n'était pas, en ces temps reculés, une habitation convenable pour un être de ce genre; mais cette réponse, outre qu'elle n'est aucunement justifiée par les faits, soulève une question également embarrassante. Pourquoi durant un nombre inconnu de millions d'années, la terre n'est-elle demeurée propre qu'à des êtres inférieurs? Et encore : que signifie l'extinction des types? On dit que le type saurien a été remplacé par d'autres types au commencement de la période tertiaire, parce que ce type n'était pas adapté aux conditions qui prenaient alors naissance; mais cette réponse revient à dire que le type saurien ne pouvait se modifier pour s'adapter à ces conditions nouvelles, réponse tout à fait en désaccord avec l'hypothèse d'une providence créatrice qui se révélerait par les adaptations multiformes d'un type à plusieurs fins.

Nous verrons dans la troisième partie de ce livre, quelle interprétation rationnelle on peut donner de ces faits généraux de distribution dans l'espace et dans le temps. Nous allons aborder ces questions.

TROISIÈME PARTIE

L'ÉVOLUTION DE LA VIE

CHAPITRE PREMIER

PRÉLIMINAIRES

§ 109. Nous avons considéré, dans la partie qui précède, les généralisations les plus importantes que les biologistes ont tirées de l'observation des organismes. Nous avons aussi examiné chacune de ces inductions de la biologie par leur côté déductif, afin de faire ressortir l'harmonie qui subsiste entre elles et les vérités primordiales exposées dans les *Premiers principes*. Après avoir étudié les phénomènes principaux de la vie séparément, nous sommes en état de les étudier dans leur *ensemble* en vue d'en donner la meilleure interprétation.

Il y a un *ensemble* de phénomènes vitaux que chaque organisme présente dans le cours de sa croissance, de son développement et de son déclin, et il y a un *ensemble* de phénomènes vitaux que présente le monde organique considéré comme un tout. On ne saurait traiter convenablement à part l'un de l'autre ces ensembles de phénomènes. L'interprétation que nous donnons aux faits de structure et de

fonction dans chaque corps vivant, dépend entièrement de l'idée que nous nous faisons du mode d'après lequel les corps vivants en général ont été produits. Le premier pas que nous ayons à faire, c'est d'arriver à une opinion arrêtée, provisoire sinon permanente, touchant ce mode.

Nous avons à choisir entre deux hypothèses : l'hypothèse de la création spéciale et celle de l'évolution. Les nombreuses espèces d'organismes qui existent actuellement, et les espèces encore plus nombreuses qui ont existé durant les temps biologiques, ont-elles été créées de temps en temps séparément, ou bien sont-elles nées par degrés insensibles sous l'influence des forces que nous voyons agir. L'une et l'autre hypothèse suppose une cause. La dernière, assurément autant que la première, reconnaît que cette cause ne saurait être scrutée. Le point en question est de savoir comment cette cause a agi pour produire les formes vivantes. Ce point, s'il doit être résolu, ne peut l'être qu'au nom des faits. Voyons donc laquelle de ces deux hypothèses opposées s'accorde le mieux avec les faits positifs.

CHAPITRE II

HYPOTHÈSE DES CRÉATIONS SPÉCIALES (1)

§ 110. Les premières opinions sont rarement des idées vraies. L'intelligence à l'état brut, soit dans l'individu, soit dans la race, se forme des opinions qui ont besoin d'être révisées, et révisées encore, avant d'arriver à correspondre passablement avec la réalité. S'il en était autrement, il n'y aurait ni découverte ni accroissement intellectuel. Ce que nous appelons le progrès des connaissances consiste à mettre les idées en harmonie avec les choses ; cela suppose que les premières idées étaient ou bien complétement en désaccord avec les choses, ou incomplétement d'accord avec elles.

S'il en fallait des exemples, l'histoire de chaque science nous en fournirait. Les notions primitives du genre humain quant à la structure du ciel étaient fausses, et les notions qui les ont remplacées ont été de moins en moins fausses. La croyance primitive touchant la forme de la terre était fausse, et cette fausse croyance a survécu pendant toute la durée des premières civilisations. Les premières idées qui nous sont parvenues touchant la nature des éléments étaient fausses ; ce

(1) Une partie de ce chapitre et du suivant appartenait à un essai intitulé : *l'Hypothèse du Développement*, publié pour la première fois en 1852.

n'est que dans les derniers temps qu'on a mieux compris la composition de la matière sous ses diverses formes. Les interprétations qu'on a données des faits mécaniques, météorologiques et physiologiques, furent d'abord mauvaises. Dans tous les cas, l'on parlait de croyances, qui, si elles n'étaient pas absolument fausses, ne contenaient qu'une faible somme de vérité voilée par une énorme masse d'erreurs.

Par suite, l'hypothèse qui attribue l'existence des êtres vivants à des créations spéciales, étant une hypothèse primitive, est probablement une hypothèse fausse. Si les interprétations sur la nature que les hommes des premiers temps ont trouvées étaient erronées sur d'autres points, il est fort probable qu'elles le sont aussi sur celui-ci. Il serait bien étrange que les premiers hommes eussent manqué la vérité dans tant de cas où, relativement, elle saute aux yeux, et qu'ils l'eussent trouvée dans un cas où elle est profondément cachée.

§ 111. Indépendamment de l'improbabilité qui s'attache à la croyance à des créations spéciales, par suite du lien qui l'unit aux fausses croyances des premiers temps, il y a un autre genre d'improbabilité qui aggrave le premier et qui provient de l'association de cette croyance avec une classe spéciale de croyances erronées. En effet, elle appartient à un genre de croyances que les progrès des connaissances ont détruites l'une après l'autre; et même c'est le seul membre de ce genre qui survive chez les gens instruits.

Nous savons tous que pour le sauvage, chaque phénomène, ou chaque groupe de phénomènes qui le frappe est causé par un agent personnel distinct. Des éléments de cette conception fétichiste se forme par la suite une conception polythéiste, dans laquelle ces personnalités mineures, se géné-

ralisant diversement, se transforment en des divinités qui président à des divisions différentes de la nature; elles subissent même une généralisation plus avancée. Cette réduction progressive du nombre des agents naturels se retrouve dans les croyances religieuses de toutes les races; elle est même bien loin d'être achevée dans les croyances religieuses des races les plus avancées. Le rustre illettré qui laboure les champs laisse subsister dans son esprit, à côté de la croyance à un pouvoir suprême, les conceptions primitives de bons et de mauvais génies, d'enchantements, de puissances occultes qui résident dans des objets particuliers. La manière de penser primitive ne change qu'autant que l'esprit reconnaît des relations constantes entre les phénomènes. On sait aussi qu'à mesure que l'accroissement des connaissances rend plus vagues les conceptions d'agents naturels personnels, et les absorbe dans des causes générales, il détruit l'habitude de les concevoir comme des êtres qui agissent d'après les procédés des agents personnels. Nous ne croyons plus, comme Képler, que des esprits directeurs maintiennent les planètes dans leur orbite. Ce n'est plus une croyance universelle que la mer ait, une fois pour toutes, été séparée mécaniquement de la terre ferme, ni que les montagnes aient été placées aux lieux où nous les voyons, par un acte soudain de création. Tout le monde, excepté un nombre de gens assez restreint, a cessé d'admettre que le beau temps et les orages nous soient donnés dans une succession arbitraire. La majorité des gens instruits a cessé de croire que les épidémies soient des châtiments envoyés par une divinité irritée. Les gens du peuple ont cessé de regarder les fous comme possédés d'un démon. Tout cela veut dire que nous voyons partout s'évanouir la conception anthropomorphique de la cause inconnue. Pièce à pièce, on abandonne cette méthode d'in-

terprétation qui attribue les phénomènes à une volonté analogue à la volonté humaine, agissant par des procédés analogues aux procédés humains.

Donc, puisque cette famille de croyances, jadis innombrable, a perdu l'immense majorité de ses membres, il n'est pas déraisonnable d'attendre que le petit nombre qui en reste s'éteindra également. De ce nombre est la croyance que nous examinons en ce moment, celle qui attribue chaque espèce d'organismes à une création. Bien des gens qui ont partout ailleurs renoncé à la théorie primitive des choses en conservent encore ce vestige. Demandez à un homme passablement instruit s'il accepte la cosmogonie des Indiens, ou celle des Grecs, ou celle des Hébreux? Il considérera la question à peu près comme une offense. Pourtant il est probable qu'il conserve l'élément commun de ces cosmogonies; mais il en oublie l'origine. En effet, d'où tient-il la croyance aux créations spéciales? Interrogez-le, pressez-le, et il sera forcé d'avouer qu'il l'a reçue dans son enfance comme une portion d'une histoire qu'il a rejetée en bloc depuis longtemps. Pourquoi ce fragment serait-il vrai alors que tout le reste est faux? Il ne saurait le dire. Ne sommes-nous pas en droit d'espérer que l'abandon de toutes les autres parties de cette histoire sera peu à peu suivi de l'abandon de la portion qui en reste?

§ 112. La croyance que nous trouvons contestable, et parce qu'elle est une croyance primitive et parce qu'elle appartient à une famille de croyances à peu près éteinte, n'a pas en sa faveur un seul fait. Personne n'a jamais vu une création spéciale; personne n'a jamais trouvé une preuve indirecte de l'événement d'une création spéciale. C'est une chose significative, remarque le docteur Hooker, que les naturalistes qui

supposent la production miraculeuse de nouvelles espèces supposent ordinairement que cette création a eu lieu dans quelque région éloignée des observateurs. Partout où l'ordre de la nature organique est exposé aux regards des zoologistes et des botanistes, il exclut cette conception, qui, du reste, ne survit qu'à la condition d'être rattachée à des lieux imaginaires, où l'ordre des phénomènes organiques est inconnu.

Non-seulement cette hypothèse ne trouve aucune preuve qui lui fournisse un appui externe, mais elle ne saurait se soutenir par la preuve interne, on ne saurait s'en faire une idée cohérente. C'est une de ces conceptions symboliques illégitimes, qu'on ne cesse de prendre faussement pour des conceptions symboliques légitimes (*Premiers principes*, § 9), et qui restent sans vérification. Dès que l'on essaye de donner à cette idée une forme définie, on voit que c'est une pseudo-idée, qui ne comporte aucune forme définie. Suppose-t-on qu'un organisme nouveau, au moment où il est l'objet d'une création spéciale, est créé de rien? Si oui, on suppose une création de matière, et nous savons que la création de la matière est inconcevable, qu'elle implique dans l'esprit l'établissement d'une relation entre quelque chose et rien, relation dont un des termes manque, c'est-à-dire une relation impossible. Suppose-t-on que la matière dont le nouvel organisme se compose n'est pas créée pour la circonstance, mais empruntée à des formes déjà existantes et arrangée sous une forme nouvelle? Si oui, nous rencontrons la question : comment le réarrangement s'est-il effectué? Est-ce que ces atomes qui entrent par milliers dans la composition du nouvel organisme, tous dispersés auparavant dans l'air et la terre du voisinage, se détachent tous de leurs combinaisons pour courir les uns au-devant des autres et s'unir afin de former des composés chimiques appropriés, tombant chacun

avec certains autres à la place désignée dans un agrégat de tissus et d'organes complexes ? Certes, la supposition de milliers d'impulsions surnaturelles, différentes par leur direction et leur intensite, imprimées à tant d'atomes différents, est bien plutôt une multiplication de mystères que la solution d'un mystère. En effet, chacune de ces impulsions n'étant pas le résultat d'une force existant quelque part sous une autre forme, implique la création de la force; et la création de la force est tout aussi inconcevable que la création de la matière. Il en est de même de toutes les voies qu'on a ouvertes pour arriver à se représenter la création. La vieille idée hébraïque que Dieu prend de l'argile et modèle une créature comme un potier un vase, paraîtra sans doute trop anthropomorphique pour qu'aucun défenseur moderne de la doctrine de la création spéciale veuille l'adopter. Mais, cette grossière croyance abandonnée, quelle croyance est-on prêt à lui substituer? Si ce n'est pas ainsi qu'un nouvel organisme est produit, de quelle façon l'est-il? ou mieux, de quelle façon peut-on concevoir la production d'un organisme nouveau ? Nous ne demanderons pas que cette façon soit constatée, nous nous contenterons qu'on puisse l'imaginer sans contradiction. Il n'en est point. Ceux qui admettent que chaque espèce d'organisme est le résultat de l'intervention divine, ne le peuvent qu'à la condition de se dispenser de traduire les mots en idées. Dans ce cas, comme dans tant d'autres, on ne croit pas réellement, *on croit qu'on croit.* En effet, la croyance proprement dite implique une représentation mentale de la chose crue, et aucune représentation mentale de ce genre n'est possible.

§ 113. Figurons-nous le genre humain observé par une créature d'une vie courte, comme un éphémère par exemple,

mais qui possède une intelligence semblable à la nôtre; figurons-nous que cette créature étudie les hommes et les femmes durant les courtes heures de sa vie, et qu'elle cherche le mode d'après lequel ces êtres sont venus à l'existence. Il est évident que si elle raisonne d'après les procédés ordinaires, elle supposera que l'homme et la femme ont été créés séparément. Nul changement appréciable de structure ne survevenant chez aucun homme ni chez aucune femme pendant les quelques heures durant lesquelles son observation s'exerce, elle conclura probablement que nul changement de structure ne se produit ou ne s'est produit dans ces êtres, et que dès le début chaque homme et chaque femme possédaient tous les caractères qu'elle aperçoit; qu'ils ont été formés avec ces caractères. Telle serait naturellement son impression première. On voit le parti qu'on peut tirer de cette comparaison. La vie humaine est éphémère en comparaison de la vie d'une espèce ; on peut même dire que la période sur laquelle portent les souvenirs de l'expérience humaine est éphémère en comparaison de la vie d'une espèce. Il y a donc un contraste analogue entre les séries immensément longues de changements qui se sont produits pendant la vie d'une espèce, et cette petite partie qui s'offre à nos regards. Il n'y a aucune raison de croire que la première conclusion tirée par les hommes de la faible partie de la série qu'ils pouvaient voir est plus près de la vérité, que la conclusion de l'éphémère ne le serait de notre croyance relativement aux hommes et aux femmes.

Cette similitude nous donne à penser que l'hypothèse des créations spéciales est simplement une formule destinée à couvrir notre ignorance. Alors une question se pose : quelle raison avons-nous de supposer des créations spéciales d'espèces, quand nous n'en pouvons supposer d'individus, si ce

n'est que lorsqu'il s'agit d'individus nous savons par observation directe que le procédé de leur production est autre, et que lorsqu'il s'agit de l'espèce nous ne savons pas directement si le procédé est autre ? Avons-nous quelque raison de conclure que les espèces sont le produit d'une création spéciale, excepté la raison que nous ne possédons aucune connaissance immédiate de leur origine? Est-ce que l'ignorance où nous sommes de la manière dont elles sont produites, nous autorise à affirmer qu'elles doivent l'existence à une création spéciale?

Cette similitude nous suggère une autre question. Ceux qui, faute d'une preuve immédiate de la manière dont l'espèce prend naissance, affirment que son origine ne saurait être analogue à celle des individus, mais qu'elle doit avoir lieu d'après un mode tout différent, croient honorer par cette supposition la cause inconnue des choses ; ils combattent toute doctrine opposée comme si elle excluait du monde la puissance divine. Mais si la puissance divine trouve sa démonstration dans la création séparée de chaque espèce, ne serait-elle pas mieux démontrée encore par la création séparée de chaque individu ? Pourquoi y a-t-il un mode de genèse naturelle? Pourquoi la toute-puissance ne se prouve-t-elle pas par la production surnaturelle de plantes et d'animaux, partout, dans le monde entier, à toute heure? Dira-t-on que le Créateur était capable de faire naître les individus les uns des autres en une succession naturelle, mais qu'il n'avait pas le pouvoir de faire les espèces de cette manière? C'est imposer une limite à la puissance au lieu de la magnifier. Dira-t-on que la production miraculeuse d'une espèce était praticable de temps en temps, mais que la production miraculeuse perpétuellement renouvelée d'individus sans nombre était impraticable ? Mais c'est encore un amoindrissement de la

puissance créatrice. Ou bien il était possible de créer des espèces et des individus d'après la même méthode, ou c'était impossible. Dire que ce n'était pas possible, c'est pour ceux qui se servent de cet argument un véritable suicide. Si c'était possible, on demande quelle fin poursuit la création spéciale des espèces qui n'eût pas été mieux servie par la création spéciale des individus. Ce n'est pas tout; que faut-il penser de ce fait que la grande majorité de ces prétendues créations spéciales ont eu lieu avant que le genre humain existât? Ceux qui pensent que la puissance divine se trouve démontrée par les créations spéciales ont à répondre à la question : démontrée pour qui? Tacitement ou ouvertement, ils regardent ces démonstrations comme très-profitables au genre humain. Mais si elles le sont, dans quel but s'en est-il accompli des milliers sur la terre, alors qu'il n'y avait aucun être intelligent pour les contempler? Est-ce que l'Inconnaissable voulait se démontrer son pouvoir à lui-même? Qui aura la témérité de dire qu'il avait besoin de se le prouver? Il n'y a pas d'alternative : il faut considérer ces démonstrations ou bien comme des manifestations superflues de puissance, supposition injurieuse, ou bien comme des manifestations de puissance qui étaient nécessaires parce que les espèces ne pouvaient être produites autrement, ce qui est encore une supposition injurieuse.

§ 114. Ceux qui adoptent l'hypothèse des créations spéciales s'embarrassent dans d'autres difficultés théologiques. La supposition que chaque espèce d'organisme était spécialement voulue comme une partie d'un plan, entraîne avec elle la supposition que l'auteur du plan a voulu tout ce qui résulte de son plan. Il n'y a pas moyen de se refuser à admettre que, si les organismes ont été construits chacun en vue de sa fin

respective, le caractère de leur auteur est indiqué et par les fins mêmes, et par la perfection ou l'imperfection avec laquelle les organismes y sont adaptés. Voyons les conséquences.

Sans chercher pourquoi durant un nombre inconnu de millions d'années il n'a existé sur la terre aucun être doué d'aptitudes pour former des pensées à grande portée et des sentiments élevés, nous nous contenterons de demander pourquoi, à présent, la terre est couverte d'un grand nombre d'êtres qui s'infligent les uns aux autres et à eux-mêmes tant de souffrances? Laissons la race humaine, dont la théologie régnante prétend expliquer les défauts et les misères, et bornons-nous aux êtres inférieurs à l'homme. Que devons-nous penser de ces instruments et de ces instincts, si nombreux et si divers, dont les animaux sont pourvus, et qui sont destinés à produire de la douleur? Ce n'est pas seulement d'aujourd'hui, ce n'est pas seulement depuis qu'il y a des hommes sur la terre, qu'elle a été le théâtre d'une guerre entre les créatures douées de sentiment. La paléontologie nous montre que dès les plus anciens temps géologiques connus, ce carnage universel s'est produit. Les structures fossiles, comme celles des animaux actuellement existants, nous font voir des armes habilement préparées pour la destruction d'autres animaux. Nous avons des preuves indubitables que dans tout le passé le supérieur a fait sa proie de l'inférieur, que sans cesse le faible a été dévoré par le fort. Comment l'expliquer? Comment se fait-il que des animaux aient été organisés de manière à rendre l'effusion du sang nécessaire? Comment se fait-il que, dans presque toutes les espèces, le nombre des individus nés chaque année soit tel que la majorité périsse de misère ou de mort violente avant que d'arriver à l'âge mûr? Quiconque soutient que chaque espèce d'animaux a été spécialement destinée à une fin, doit

soutenir que le Créateur avait l'intention délibérée de produire ces résultats, ou qu'il n'a pas été capable de les prévenir. Quelle alternative choisir? Incriminera-t-on le caractère divin ou affirmera-t-on que Dieu n'a qu'une puissance limitée? Il ne sert à rien de prétendre que la destruction du moins puissant par le plus puissant est un moyen de prévenir les misères de la décrépitude et de l'impuissance, par conséquent une chose profitable à l'être détruit; car, alors même que le poids de la mortalité porterait bien plutôt sur les êtres âgés au lieu de peser surtout sur les jeunes, il y aurait une autre question à laquelle il n'est possible d'opposer aucune réponse : pourquoi les animaux n'ont-ils pas été construits de manière à éviter ces maux? Pourquoi leur multiplication, leur intelligence, leurs penchants, n'ont-ils pas été calculés et façonnés de manière à leur faire éviter ces souffrances? Si le déclin des forces devait être la conséquence de l'âge, pourquoi n'a-t-il pas été pourvu à ce que les actions organiques cessassent par une mort subite, toutes les fois qu'elles tomberaient au-dessous du niveau d'une existence agréable? Parmi ceux qui prétendent que les organismes ont été faits en vue d'une fin spéciale, qui affirmera qu'il n'était pas possible de leur donner une fin qui prévînt la douleur? Si l'on admet qu'il était possible de faire les organismes de manière à leur éviter la souffrance, affirmera-t-on que le Créateur a préféré les faire de telle sorte qu'ils souffrissent?

Même sous cette forme la difficulté est assez grande; mais elle paraît incomparablement plus grande quand on examine les faits de plus près. Tant que nous nous bornons à considérer la destruction de l'inférieur par le supérieur, nous voyons quelque bien sortir du mal : une certaine quantité de vie d'un ordre supérieur a pour base le sacrifice d'une grande quantité de vie d'un ordre inférieur. Tant que nous ne tenons

compte que de ce genre de mortalité, qui, en emportant les membres les moins parfaits de chaque espèce, permet aux membres les plus parfaits de la continuer, nous voyons un certain profit compensateur résulter de la souffrance infligée. Mais que dire en présence de ces faits innombrables où la souffrance infligée ne donne lieu à aucun profit compensateur? Que dire en voyant l'inférieur détruire le supérieur? Que dire au spectacle des dispositions si bien préparées qui assurent la prospérité d'organismes incapables de sentir, au prix du malheur d'organismes susceptibles de bonheur?

Dans le règne animal pris dans son ensemble, plus de la moitié des espèces sont parasites. « On se fera une idée du nombre de ces parasites, dit le professeur Owen, si l'on songe que chaque animal connu en nourrit une espèce qui lui est propre, en général plus d'une et quelquefois autant et même plus qu'il en existe sur le corps de l'homme. » Passons sur ces maux infligés aux animaux de rang inférieur et ne nous occupons que de l'homme. Le *Bothriocéphalus latus* et le *Tænia solium* sont deux espèces de vers solitaires qui prospèrent dans l'intestin de l'homme; ils produisent de graves perturbations de la santé et quelquefois la folie. Les germes du ténia, transportés dans d'autres parties du corps, donnent naissance à certaines formes incomplétement développées appelées cysticerques, échinocoques, cénures, qui produisent des désorganisations plus ou moins étendues du cerveau, des poumons, du foie, du cœur, des yeux, etc., et souvent causent la mort du patient après de longues souffrances. On trouve dans les viscères de l'homme cinq autres parasites appartenant à différentes classes, le trichocéphale, l'oxyure, le strongle (deux espèces), l'anchylostome et l'ascaride, qui produisent non-seulement un défaut de nutrition par un effet nécessaire, mais entraînent souvent une irritation locale,

cause première d'une démoralisation complète. Il y a cinq autres espèces d'une autre classe d'entozoaires appartenant à la subdivision des trématodes, qui se rencontrent dans le corps de l'homme, le foie, le conduit cystique, la veine porte, l'intestin, la vessie, l'œil. Ensuite, nous avons le *Trichina spiralis*, qui passe une partie de son existence plongé dans les muscles et l'autre dans l'intestin : la trichinose, maladie produite par la présence de ce parasite, a donné lieu à une époque récente, en Allemagne, à une véritable panique. Quittons cette liste d'entozoaires, qui n'est rien moins que complète et passons aux épizoaires. Nous connaissons deux espèces d'acares, l'une qui habite les follicules de la peau, l'autre qui produit la gale. Il y a d'autres animaux qui s'enfoncent sous la peau et y déposent leurs œufs ; il y a trois espèces de pous qui infestent la surface de la peau. Ce n'est pas tout : outre les animaux parasites, il y a divers végétaux parasites qui croissent et multiplient à nos dépens. La *Sarcina ventriculi* habite l'estomac et y produit des troubles gastriques. La présence du *Leptothrix buccalis* dans la bouche est un fait très-général et contribue peut-être à la perte des dents. Il y a encore des champignons microscopiques qui produisent l'herpès circiné, la teigne, le pityriasis, les aphthes, etc. Le corps de l'homme est donc un habitat de parasites internes et externes, animaux ou végétaux, comptant deux ou trois douzaines d'espèces; plusieurs particulières à l'homme, la plupart causant de grandes souffrances et quelques-unes la mort. Quelle interprétation les partisans de la doctrine des créations spéciales nous donneront-ils de ces faits? D'après cette hypothèse tous ces parasites ont été créés pour le genre de vie qui leur est propre. Ils ont été doués de constitutions qui les mettent à même de vivre en absorbant les sucs du corps humain ; ils sont pourvus d'instruments souvent formi-

dables, qui leur permettent de s'implanter dans le corps ou à sa surface ; ils sont d'une fécondité incroyable et leurs germes ont beaucoup de chance de s'introduire dans le corps humain. Bref, tout est combiné pour assurer la continuation de leur espèce et empêcher absolument les générations humaines de se débarrasser de ces ennemis auxquels elles servent de proie. Que dire de cet arrangement? Dirons-nous que l'homme, *la tête et le couronnement de la création*, est, dans le plan divin, destiné à nourrir ces parasites? Ou dirions-nous que ces êtres inférieurs, incapables de pensée ou de bonheur, ont été créés pour le malheur de l'homme? Ceux qui prétendent que chaque espèce d'organisme a été l'objet d'une intention spéciale du Créateur sont obligés de choisir entre ces deux alternatives. Laquelle préfèrent-ils? Les faits s'accorderaient assez avec la conception de deux puissances antagonistes, l'une auteur du bien, l'autre du mal, dans le monde. Mais ces maux et ces supplices infligés gratuitement à l'homme comme aux autres créatures terrestres capables de sentiment, sont absolument incompatibles avec la conception d'un Créateur souverainement bon.

§ 115. Voyons les résultats de notre examen. La croyance à des créations spéciales d'organismes a pris naissance parmi les hommes à l'époque des plus profondes ténèbres; elle fait partie d'une famille de croyances qui ont presque toutes péri à mesure que les lumières faisaient des progrès. Elle n'a pas un seul fait positif où elle puisse s'appuyer, et quand on veut donner à cette croyance une forme définie, on s'aperçoit qu'elle n'est qu'une pseudo-idée. Cette hypothèse purement verbale, que l'on admet sans examen comme une hypothèse réelle ou concevable, est de même nature que serait une hypothèse basée sur l'observation d'un jour, d'après

laquelle chaque homme et chaque femme auraient été produits par une création spéciale, hypothèse qui ne vient pas des faits, mais d'un manque de faits qui donne à l'ignorance absolue une forme ressemblant à la connaissance positive. En outre, nous voyons que cette hypothèse, absolument sans appui, essentiellement inconcevable et incapable par conséquent de donner satisfaction au besoin d'interprétation qui tourmente l'esprit de l'homme et également incapable de satisfaire ses sentiments moraux. Cette croyance est absolument incompatible avec les idées que les croyants prétendent professer sur la nature de Dieu. Si l'on voulait démontrer l'existence d'une puissance infinie, la création spéciale de chaque individu, ou encore la production d'espèces d'après une méthode semblable à celle dans laquelle les individus se produisent, la démontreraient bien mieux que l'emploi des deux méthodes dont l'hypothèse admet la nécessité. S'il fallait démontrer la bonté infinie, non-seulement les dispositions de la structure organique, si elles sont l'objet d'intentions spéciales, ne la démontreraient pas, mais il s'élèverait une masse énorme de faits impliquant la méchanceté plutôt que la bonté.

De quelque côté qu'on la considère, l'hypothèse des créations spéciales se trouve sans valeur : sans valeur par son origine, sans valeur pour son incohérence intrinsèque, sans valeur comme absolument dépourvue de preuve, sans valeur comme ne donnant satisfaction à aucun besoin de l'esprit, sans valeur parce qu'elle ne satisfait aucun besoin moral. Nous devons donc la considérer comme nulle et non avenue, en présence d'une autre hypothèse touchant l'origine des êtres organiques.

CHAPITRE III

HYPOTHÈSE DE L'ÉVOLUTION

§ 116. La supposition que les races d'organismes sont le produit d'une création spéciale se trouve discréditée par son origine. Au contraire, la supposition que les races d'organismes sont le produit de l'évolution mérite confiance à cause de son origine. Loin d'être une croyance née dans l'esprit et acceptée quand le genre humain était plongé dans une ignorance profonde, c'est une croyance née à une époque où les lumières sont comparativement développées. De plus, la croyance que toutes les formes organiques sont nées conformément à des lois constantes, au lieu de naître par des violations de lois constantes est une croyance qui s'est formée parmi les gens les plus instruits d'une époque où l'instruction est plus grande qu'elle n'a jamais été. Ce n'est point parmi les gens qui ne font nullement attention à l'ordre de la nature que cette croyance a pris naissance, mais parmi ceux que leurs études avaient familiarisés avec la connaissance de cet ordre. Ainsi, l'origine de cette hypothèse moderne est un argument aussi favorable que celle de l'ancienne était un argument défavorable.

§ 117. Il existe une antithèse analogue entre les deux familles

de croyances auxquelles celles que nous comparons appartiennent respectivement. Tandis que l'une s'éteignait l'autre se multipliait. Aussitôt qu'on a cessé de regarder les diverses classes de phénomènes comme causés par des agents personnels agissant d'une manière irrégulière, on en est venu à considérer les diverses classes de phénomènes comme causés par une force générale agissant uniformément : les deux changements étant corrélatifs. Comme, d'une part, l'hypothèse qui attribue chaque espèce à un acte surnaturel, ayant perdu presque toutes les hypothèses ses parentes, ne peut manquer de s'éteindre bientôt ; d'autre part, l'hypothèse que chaque espèce est le résultat de l'action de causes naturelles, appartenant à une famille d'hypothèses toujours plus nombreuse, ne peut manquer de survivre et de s'établir.

La probabilité de sa survie et de son avénement nous paraît encore plus grande quand nous observons qu'elle appartient à un genre d'hypothèse qui s'est étendu rapidement. L'interprétation des phénomènes par l'évolution s'est produite d'une manière indépendante dans divers domaines scientifiques, bien éloignés les uns des autres. La supposition que le système solaire s'est formé graduellement par évolution aux dépens d'une matière diffuse est une supposition tout astronomique dans son origine et son application. Les géologues, sans y être amenés par des considérations astronomiques, sont arrivés pas à pas à la conviction que la terre est parvenue par une évolution à la variété de structure qu'elle possède aujourd'hui. Les recherches des biologistes ont prouvé la fausseté de la croyance jadis générale que le germe de chaque organisme est une répétition en miniature de l'organisme arrivé à maturité, et n'en différant que par le volume ; elles ont montré, au contraire, que chaque organisme naissant d'une matière en apparence uniforme, avance

vers sa multiformité definitive par des changements insensibles. Parmi les penseurs qui s'occupent de philosophie politique, l'idée que le progrès de la société est une évolution a gagné du terrain : le principe qu'on « ne fait pas des constitutions, mais qu'elles croissent » est un élément du principe qu'on ne fait pas les sociétés, mais qu'elles croissent. Il est universellement admis par les physiologistes que les langues, au lieu d'avoir une origine artificielle ou surnaturelle sont des produits de développement. L'histoire de la religion, de la philosophie, de la science, des beaux-arts et de l'industrie, montre que tout a passé par des phases aussi insensibles que celles que traverse l'esprit d'un enfant pour arriver à la maturité. Si donc on a de plus en plus reconnu dans l'évolution la loi de tant d'ordres divers de phénomènes, ne pouvons-nous pas dire que cela rend très-probable que l'on reconnaîtra bientôt l'évolution comme la loi des phénomènes que nous considérons ? Tous les progrès de la connaissance confirment la croyance à l'unité de la nature; et la découverte que l'évolution s'est accomplie ou s'accomplit dans tant de provinces de la nature devient une raison de croire qu'il n'est pas une province de la nature où elle ne s'accomplisse.

§ 118. Entre les hypothèses de la création spéciale et de l'évolution, il n'existe pas un contraste moins grand si on les examine au point de vue de leur légitimité à titre d'hypothèse. L'une, ainsi que nous l'avons vu, appartient à l'ordre des conceptions symboliques qui se trouvent n'être que des illusions à cause de l'impossibilité de les concevoir ; mais l'autre est une de ces conceptions symboliques que l'on peut concevoir plus ou moins. La production de toutes les formes organiques par la lente accumulation de modifications sur mo-

difications, et par la divergence lente qui résulte de l'addition continuelle de nouvelles différences aux différences déjà acquises, cette production peut se concevoir dans ses grandes lignes, sinon dans les détails. Nous avons divers genres d'expériences qui nous permettent d'en concevoir l'opération. Examinons l'un des plus simples.

Il ne semble pas qu'il y ait une ressemblance entre une ligne droite et un cercle. Le cercle est une courbe, et la définition de la ligne droite exclut l'idée de courbure. Le cercle enferme un espace; la ligne droite, même prolongée à l'infini, n'enferme point d'espace. Le cercle est fini, la ligne droite peut être infinie. Pourtant, opposées qu'elles sont dans toutes leurs propriétés, on peut les rattacher l'une à l'autre par une série de lignes dont aucune ne diffère de ses voisines d'une manière appréciable. Ainsi, coupez un cône par un plan perpendiculaire à son axe, et vous avez un cercle. Si au lieu d'être parfaitement à angle droit avec l'axe, le plan forme avec lui un angle de 89° 59′, vous avez une ellipse que nul œil d'homme, même aidé d'un compas de précision, ne saurait distinguer d'un cercle. Faites décroître l'angle par minutes, et l'ellipse commence à paraître un peu excentrique, un peu plus tard elle l'est manifestement, et peu à peu elle prend une forme extrêmement allongée, en sorte qu'elle n'a plus aucune ressemblance avec un cercle. Continuez encore, et l'ellipse se change en parabole. Diminuez encore l'angle, et la parabole devient une hyperbole. Enfin, si l'on rend le cône de plus en plus obtus, l'hyperbole passe à l'état de ligne droite, quand l'angle du cône se rapproche de 180 degrés. Or, dans cet exemple, nous avons cinq espèces de lignes, le cercle, l'ellipse, la parabole, l'hyperbole, la ligne droite, dont chacune a ses propriétés particulières et son équation propre, dont la première et la dernière sont tout à

fait opposées de leur nature, sont reliées ensemble comme membres d'une même série, et peuvent être produites par une simple méthode de modification insensible.

Mais les expériences qui mettent le plus clairement en lumière l'opération de l'évolution générale, sont celles de l'évolution spéciale, répétée dans chaque végétal ou chaque animal. Chaque organisme présente, dans un court espace de temps, une série de changements qui, s'étendant par supposition à un laps de temps infiniment grand et s'accomplissant de diverses manières, au lieu d'une seule, nous donne une conception suffisamment claire de l'évolution organique en général. Dans un développement individuel nous trouvons, comprimée dans un espace relativement infinitésimal, une série de métamorphoses tout aussi vastes que celles que l'hypothèse de l'évolution nous montre s'accomplissant durant les époques impossibles à mesurer dont la croûte terrestre nous entretient. Un arbre diffère immensément d'une semence à tous les points de vue, en volume, en structure, en couleur, en forme, en poids spécifique, en composition chimique; il en diffère tellement que l'on ne saurait découvrir entre l'un et l'autre aucune ressemblance visible d'aucun genre. Pourtant il ne faut à la semence que quelques années pour se changer en arbre; le changement a lieu si graduellement qu'à aucun moment on ne peut dire : c'est à présent que la semence cesse d'être, et que l'arbre existe. Peut-il y avoir deux choses plus profondément différentes qu'un enfant de naissance et la sphère microscopique de gelée demi-transparente qui constitue l'œuf humain? La structure de l'enfant est si complexe, qu'il faut une encyclopédie pour décrire toutes les parties qui le composent. La vésicule germinative est si simple qu'on peut la définir en une ligne. Néanmoins quelques mois suffisent pour faire

sortir l'enfant de l'œuf par voie de développement; et cela également par une série de modifications si petites que, si l'on examinait l'embryon de minute en minute, le microscope même y découvrirait à peine des changements appréciables. Grâce à ces faits, la conception de l'évolution générale peut devenir aussi définie qu'aucune de nos conceptions complexes. Si, au lieu des minutes successives de la vie fœtale d'un enfant, nous prenons des générations successives d'êtres vivants, si nous regardons des générations successives comme ne différant pas plus l'une de l'autre que ne faisait le fœtus dans les minutes successives, il faut que notre imagination soit bien faible si nous ne parvenons pas à avoir une véritable conception de l'évolution qui fait sortir l'organisme le plus complexe du plus simple. Si une cellule unique, dans des conditions appropriées, devient un homme dans l'espace de quelques années, on n'aura assurément pas de peine à comprendre comment, dans des conditions appropriées, une cellule peut, dans le cours d'un nombre inconnu d'années, donner naissance au genre humain.

Il est vrai que les expériences des faits de la nature dont cette conception est construite, font défaut à tant d'esprits qu'ils ont une peine réelle à la former. Habitués à considérer les choses plutôt à leur état statique qu'à leur état dynamique, ils ne conçoivent jamais que de faibles accroissements de modifications puissent engendrer une somme quelconque de modifications. La surprise qu'ils éprouvent quand ils trouvent un individu qu'ils ont connu enfant, arrivé à l'état d'homme, devient de l'incrédulité quand le degré de changement est plus grand. Pour eux, l'hypothèse que, par une série de changements, un protozoon puisse jamais donner naissance à un mammifère, paraît grotesque au moins autant que l'affirmation du mouvement de la terre

par Galilée pouvait le paraître aux aristotéliciens, ou que l'affirmation de la sphéricité de la terre le semblait aux n[illegible] rels de la Nouvelle-Zélande. Mais il est bien naturel que ceux qui acceptent comme très-satisfaisante une proposition littéralement inconcevable, commettent par contre la faute de ne pas trouver satisfaisante une proposition très-concevable.

§ 119. Il y a encore un autre point de vue auquel l'hypothèse de l'évolution contraste avec celle des créations spéciales. L'hypothèse de l'évolution n'est pas simplement légitime au lieu que l'autre est illégitime, parce qu'elle peut être représentée dans l'esprit au lieu que l'autre ne le peut être ; mais elle a pour elle l'appui des faits au lieu que l'autre en est absolument privée. Sans doute, les faits que l'on peut à présent fournir pour prouver *directement* que les races d'organismes qui paraissent distinctes peuvent être le résultat de races antécédentes progressivement modifiées, ne sont pas suffisants, mais il y a pourtant des faits nombreux capables de jouer ce rôle. On a mis hors de contestation que la dissemblance de structure survient peu à peu parmi les descendants d'une même souche. Nous trouvons qu'une opération modificatrice, du genre de celles que l'on reconnaît comme causes des différences spécifiques, se poursuit : opération qui, toute lente qu'elle est dans son action, produit, avec le temps, si les circonstances l'exigent, des changements visibles ; opération qui, selon toute apparence, produirait avec des millions d'années et sous l'influence de la grande variété de conditions que supposent les archives géologiques, toutes les quantités de changement.

Dans les chapitres sur l'*Hérédité* et la *Variation* (deuxième partie), nous avons présenté un grand nombre de ces faits,

et nous pourrions en ajouter encore beaucoup d'autres. Bien qu'on ait fait relativement peu d'attention à ce sujet jusqu'à ces derniers temps, les faits qu'on a recueillis montrent qu'il s'accomplit durant les générations successives des altérations de structure tout aussi marquées que celles qui, durant des périodes courtes et successives, s'opèrent dans l'embryon; souvent même elles sont plus marquées, puisque, outre les différences dues aux changements dans le volume relatif des parties, il se produit quelquefois des différences dues à des additions ou à des suppressions de parties. La modification structurale qui s'est produite depuis qu'on observe les organismes n'est pas au-dessous de ce que l'hypothèse demande; par rapport à cette courte période, elle présente un changement aussi grand que la totalité des changements de structure observés dans l'évolution d'un organisme complet partant d'un simple germe, n'en présente par rapport à l'immense période durant laquelle les formes vivantes ont existé sur la terre.

On peut dire même que les preuves directes que nous avons de la production graduelle de tous les êtres organiques par les actions des causes naturelles sont de même espèce et en même quantité que celles du développement de la croûte du globe avec toute la variété et la complexité de la structure. On a bien le droit de dire, je pense, qu'entre les modifications constatées chez les organismes et la totalité des modifications présentées par leurs structures, la disproportion n'est pas plus grande qu'entre les changements géologiques constatés et la totalité des changements géologiques qu'on assigne par hypothèse à des causes semblables. Çà et là on signale des dépôts sédimentaires qui se forment lentement à l'époque actuelle. Ici, c'est un littoral qui a été envahi par la mer sur une étendue considérable depuis les temps dont on

a conservé le souvenir. Là, c'est un estuaire dont le fond s'est relevé durant le cours de quelques générations. Dans une région, c'est un soulèvement général qui s'opère à raison de quelques pieds par siècle; dans une autre, on voit que des tremblements de terre amènent de légères variations de niveau. On peut avoir dans quelques localités une étendue appréciable de terrain mis à nu par les eaux; dans d'autres, on surprend les glaciers usant les surfaces rocheuses sur lesquelles ils glissent. Mais les changements que ces faits nous attestent sont infiniment petits en comparaison de l'ensemble des changements dont la croûte terrestre rend témoignage, même dans des systèmes de couches encore existantes. Si donc les faibles changements qui s'opèrent actuellement à la surface du globe, sous l'influence des forces naturelles, nous autorisent parfaitement à conclure que toutes les combinaisons qui rendent si compliquée la structure de la croûte terrestre sont l'effet des mêmes forces naturelles en action pendant d'immenses époques, ne pouvons-nous pas, en nous fondant sur les faibles modifications connues produites dans les races d'organismes par les forces naturelles, conclure pareillement que les forces naturelles ont donné graduellement naissance aux combinaisons qui rendent si compliquée la structure que nous observons chez ces races?

L'hypothèse de l'évolution s'appuie donc sur des faits qui, bien qu'en petit nombre, sont de nature probante; d'ailleurs la proportion qu'ils soutiennent avec la conclusion paraît aussi grande que celle qui existe entre les faits et la conclusions dans un autre cas où cette proportion en décide l'acceptation.

§ 120. Prenons un moment la place de ceux qui, de l'expé-

rience des modes d'après lesquels les hommes agissent, tirent des indications touchant des modes d'action de la puissance dernière qui se manifeste à nous par les phénomènes. La supposition que chaque espèce d'organisme a été intentionnellement créée nous paraîtra bien moins d'accord avec l'idée qu'ils professent sur cette puissance dernière, que la supposition d'après laquelle tous les organismes sont le résultat d'une action ininterrompue. L'irrégularité de méthode est le signe de la faiblesse. L'uniformité de méthode est une marque de force. Une intervention insuffisante pour modifier un système préétabli d'action y suppose un arrangement défectueux. Si des ouvriers, dont les premières machines avaient besoin d'être sans cesse mises en état, montrent les progrès de leur adresse en faisant des machines qui s'arrangent d'elles-mêmes, les personnes qui se figurent la production du monde et des êtres qui l'habitent par un « grand artiste », sont obligées d'admettre que pour accomplir ce plan par une opération persistante, adaptée à toutes les éventualités, il faudrait une adresse bien plus grande que pour l'accomplir au moyen d'opérations qui luttent contre les éventualités à mesure qu'elles se produisent.

De même pour le côté moral du contraste des deux hypothèses. Nous avons vu que l'hypothèse des créations spéciales se heurte à la difficulté de l'absence des formes supérieures de la vie durant ces époques incommensurables de l'existence de la terre que la géologie nous rappelle. Mais, pour l'hypothèse de l'évolution, l'absence de ces êtres n'est point une difficulté. Supposez l'évolution, et cette question est nécessairement éliminée. Supposez les créations spéciales, et cette question qui se dresse inévitablement ne peut plus être résolue. Bien plus marqué encore est le contraste des deux hypothèses, en présence de cette immense quantité de souf-

france infligée à tous les êtres doués de sensibilité, par suite de leur adaptation imparfaite aux conditions de leur vie, et de la quantité de souffrance encore immense que leur causent leurs ennemis et leurs parasites. Nous avons vu que si les organismes étaient placés intentionnellement chacun au lieu qu'il occupe dans la nature, on ne pourrait éviter de conclure que les milliers d'espèces d'organismes inférieurs qui font leur proie des supérieurs, ont été créés avec l'intention d'infliger toutes les douleurs et la mortalité qui en sont les conséquences. Or l'hypothèse de l'évolution ne se prend pas dans ce dilemme. Lentement, mais sûrement, l'évolution réalise une plus grande somme de bonheur : tous les maux n'étant que des conséquences accessoires. Par sa nature essentielle, l'évolution doit produire partout une adaptation plus exacte aux conditions d'existence, quelles que soient ces conditions. S'appliquant également aux formes inférieures comme aux plus élevées de la vie, elle produit partout une adaptation progressive et assure la survie de la forme la mieux adaptée. Si, dans la marche de l'opération, des organismes de type inférieur se développent, qui font leur proie de ceux qui appartiennent aux types supérieurs, les maux qui en résultent ne constituent qu'une diminution de profit. Le courant universel et nécessaire vers la suprématie et la multiplication des meilleurs, qui dirige la création organique dans sa totalité aussi bien que chaque espèce ne cesse de réduire le dommage produit, tend toujours à conserver les organismes supérieurs qui, d'une façon ou d'une autre, évitent les invasions des inférieurs, et tend de la sorte à produire un type moins exposé aux invasions des espèces inférieures. Les maux qui accompagnent l'évolution ne cessent donc point de s'éliminer eux-mêmes. Sans doute une question peut se poser : pourquoi n'ont-ils pas été évités?

Mais il en est une autre qui ne se pose plus : pourquoi sont-ils infligés intentionnellement? Quoi qu'on en pense, il est clair qu'ils ne supposent pas chez leur auteur une malveillance gratuite.

§ 121. Donc, à tous les points de vue, l'hypothèse de l'évolution contraste d'une manière favorable avec l'hypothèse de la création spéciale : elle s'est formée à une époque relativement cultivée, et dans la classe la plus cultivée. C'est une de ces croyances à la production régulière des phénomènes qui ne cessent de supplanter les croyances à la production irrégulière et arbitraire des événements; elle appartient à un genre de croyances qui, dans ces derniers temps, ont fait des progrès rapides. C'est une hypothèse dont l'esprit peut se faire une conception définie : puisqu'elle n'est qu'une extension au monde organique en général d'une conception construite avec les faits que nous présentent les organismes individuels; de même que l'hypothèse de la gravitation universelle était une extension de la conception qui résultait des faits de la gravitation terrestre. Cette hypothèse, dont l'esprit peut se faire une conception définie, outre l'appui de l'analogie basée sur un grand nombre de faits, a aussi celui de la preuve directe : nous avons la preuve positive qu'il se fait une opération de ce genre; et si les résultats, tels qu'on les constate actuellement, sont petits en comparaison de la totalité des résultats qu'on attribue à l'évolution, ils ne laissent pas de soutenir avec cette totalité un rapport aussi grand que celui qui sert à justifier une hypothèse analogue. Enfin, le sentiment que l'on prétend satisfaire par la doctrine des créations spéciales, trouve une satisfaction bien plus certaine dans la doctrine de l'évolution, puisque cette doctrine ne soulève aucune des questions contradictoires

relativement à la cause inconnaissable, que porte en elle-même la doctrine opposée.

Maintenant que nous avons vu comment, dans ses points généraux, l'hypothèse de l'évolution se recommande à nous par son origine, sa consistance, les analogies qui la soutiennent, les preuves directes qui la démontrent, et les conséquences qu'elle comporte, nous allons examiner les divers ordres de faits qui lui prêtent indirectement un appui. Nous commencerons par noter l'harmonie qui existe entre cette hypothèse et plusieurs des inductions dont nous avons traité dans la Deuxième Partie.

CHAPITRE IV

ARGUMENTS TIRÉS DE LA CLASSIFICATION

§ 122. Nous avons vu (§ 103) que les relations que soutiennent entre eux les espèces, les genres, les ordres et les classes d'organismes ne sauraient être expliquées comme des résultats des causes que l'on indique ordinairement. Nous allons examiner si on peut les expliquer comme des résultats de l'évolution. Voyons d'abord certains faits bien connus.

Les Norvégiens, les Suédois, les Danois, les Allemands, les Hollandais et les Anglo-Saxons forment ensemble un groupe de races scandinaves dont les caractères ne sont que faiblement divergents. Les Gallois, les Irlandais, les Écossais des Hautes-Terres sont, il est vrai, séparés par des différences, mais non par des différences assez fortes pour cacher une communauté de race; on les appelle tous des Celtes. Entre la race scandinave dans son ensemble et la race celtique dans son ensemble, il existe une différence reconnue, plus grande que celle qui motive les subdivisions de ces races. Les peuples qui habitent le midi de l'Europe sont plus proches parents les uns des autres, que leur agrégat n'est parent de celui des peuples du Nord. Si nous formons un groupe des variétés d'hommes qui habitent l'Europe et que nous le

comparions avec le groupe des variétés de l'Orient qui ont la même origine que lui, nous observons de plus grandes différences qu'entre les variétés européennes mêmes. Il y a plus, les ethnologistes trouvent des différences encore plus remarquables entre le tronc aryen dans son ensemble et le tronc mongolique dans son ensemble, ou le tronc nègre également dans son ensemble. Bien que ces différences soient en partie masquées par des mélanges, elles ne le sont pas au point d'empêcher de voir que les variétés d'hommes les plus proches parentes, sont celles qui se sont séparées les unes des autres à une période relativement récente; que chaque groupe de variétés proches parents diffère beaucoup plus des autres groupes proches parentes issus comme lui, à une époque plus éloignée, de la même origine; et ainsi de suite, jusqu'à ce que nous arrivions aux groupes les plus vastes, qui présentent les différences les plus tranchées, et pour lesquelles il n'existe plus aucune trace attestant leur communauté d'origine.

Les relations existantes dans les classes et sous-classes de langues ont servi à M. Darwin de preuves à l'appui de ses propositions. Nous savons que les langues se sont formées par évolution. Quand on compare les dialectes des comtés voisins en Angleterre, on trouve que leurs différences sont si petites qu'elles les distinguent à peine. Entre les dialectes des comtés du nord pris ensemble et ceux des comtés du sud pris ensemble, le contraste est plus fort. Ces groupes de dialectes, opposés à ceux d'Écosse et d'Irlande, sont néanmoins tellement semblables que nous les regardons comme ne faisant qu'une seule langue. Les diverses langues de l'Europe scandinave, y compris l'anglais, sont beaucoup plus dissemblables entre elles, que ne le sont les divers dialectes que renferme chacune d'elles; ce qui est d'accord avec le

fait qu'elles ont commencé à se séparer à une époque antérieure à celle de la formation de leurs dialectes respectifs. Les langues scandinaves ont néanmoins une certaine communauté de caractère qui les distingue des langues du sud de l'Europe, entre lesquelles il y a des affinités générales et spéciales qui les unissent pareillement en un groupe formé de sous-groupes contenant eux-mêmes des sous-sous-groupes. Cette différence plus profonde qui sépare les ordres de langues parlées dans le nord de l'Europe, répond au temps plus long qui s'est écoulé depuis que leur différenciation a commencé. En outre, ces deux ordres de langues modernes de l'Europe, aussi bien que le latin et le grec, certaines langues mortes et des langues actuellement parlées de l'Orient, ont des traits communs, qui, malgré les grandes lacunes qui les séparent, les unissent pour former la grande classe des langues aryennes, classe radicalement distincte de celle des langues parlées par les autres grandes divisions du genre humain.

§ 123. Or l'espèce de subordination de groupes, que nous voyons naître au cours d'une descendance, d'une multiplication et d'une divergence continues, c'est l'espèce même de subordination des groupes que présentent les végétaux et les animaux; c'est justement l'espèce de subordination qui s'est imposée à l'attention des naturalistes, en dépit des idées préconçues.

L'idée primitive était celle de l'arrangement en ordre rectiligne. Nous avons vu que même après avoir acquis une connaissance étendue de la structure des organismes, les naturalistes ont continué leurs efforts pour concilier les faits avec leurs idées d'une succession en série unique. Les faits, en s'accumulant, ont nécessairement rompu la chaîne imagi-

naire des groupes et des sous-groupes. Peu à peu se forme la conviction que ces groupes ne sauraient comporter un arrangement rectiligne. La conception à laquelle on est enfin arrivé est celle de certains grands sous-règnes, très-divergents, composés chacun de classes moins divergentes et contenant des ordres encore moins divergents, et ainsi de suite pour les genres et les espèces. Le tableau de la page 369 nous montre les relations générales de ces divisions dans leurs degrés de subordination.

Par suite « ce grand fait d'histoire naturelle de la subordination d'un groupe à un autre groupe qui nous est familier et qui pour cela ne nous frappe plus », est parfaitement en harmonie avec l'hypothèse de l'évolution. L'importance extrême de ce genre de relation entre les formes organiques arrête l'attention de M. Darwin, qui montre comment un arbre généalogique ordinaire représente sur une petite échelle un système de groupement analogue à celui qui existe chez les organismes en général, et qui s'explique dans l'hypothèse d'un arbre généalogique qui rattache tous les organismes à une même filiation. Si, partout où nous pouvons suivre une descendance, une multiplication et une divergence directes, se produit cette formation de groupes dans des groupes, il y a une forte présomption que les groupes contenus dans d'autres groupes qui constituent les règnes animal et végétal, ont pris naissance par descendance, multiplication et divergence directe, c'est-à-dire par évolution.

§ 124. Nous trouvons une sérieuse confirmation de cette conclusion dans le fait que les différences plus marquées qui séparent les groupes sont, dans les deux cas, distinguées des différences moins marquées qui séparent les sous-groupes, par ceci qu'elles ne sont pas seulement plus

grandes par le *degré*, mais qu'elles le sont aussi par l'*espèce*. Des objets, les étoiles, par exemple, peuvent se présenter en petits groupes, qui sont encore plus ou moins agrégés en groupes de groupes, de manière que les individus de chaque groupe simple sont plus étroitement unis que ne le sont les groupes simples qui forment un groupe composé, auquel cas la parenté qui unit les groupes de groupes diffère de celle des groupes, non en *nature* mais en *quantité*. Ce n'est pas ce qui arrive pour les groupes et sous-groupes qui sont positivement le résultat de l'évolution ou pour ceux que nous supposons avoir cette origine. Chez ceux-ci nous voyons les classes les plus élevées ou les plus générales séparées les unes des autres par des différences fondamentales qui n'ont avec les différences qui séparent les petites classes aucune commune mesure.

Nous avons vu que chaque sous-règne d'animaux se distingue des autres sous-règnes par une dissemblance totale dans son plan d'organisation, c'est-à-dire que les membres d'un sous-règne sont liés ensemble, non par quelque attribut superficiel que tous possèdent, mais par quelque attribut qui détermine la nature générale de leur organisation. Au contraire, les membres des plus petits groupes sont unis ensemble et séparés des membres des autres groupes par des modifications qui n'affectent pas les relations essentielles des parties. Tel est précisément l'espèce d'arrangement qui résulte de l'évolution: le développement des langues en est la preuve.

Quand nous comparons les dialectes parlés dans les différentes parties de l'Angleterre, nous n'y trouvons guère d'autre différence que celle de la prononciation, la structure des phrases y est à peu près uniforme. Entre l'anglais et les langues modernes qui en sont voisines, il existe des diffé-

rences de structure tranchées : une dissemblance d'idiome ; quelque dissemblance dans la manière de modifier le sens des verbes ; une grande dissemblance dans l'emploi des genres. Mais ces dissemblances ne suffisent pas pour masquer les caractères généraux communs de l'organisation. Il existe encore une plus grande différence de structure entre les langues modernes de l'Europe occidentale et les langues classiques. La différenciation en éléments abstraits et concrets, qui se montre dans la substitution des mots auxiliaires aux inflexions, a produit une spécialisation supérieure qui distingue le groupe de ces langues du groupe des langues plus anciennes. Néanmoins, les langues anciennes, comme les langues modernes de l'Europe, ont avec toutes les langues orientales dérivées de la même souche, une communauté fondamentale d'organisation, malgré toutes les différences qu'on y trouve, puisque dans toutes nous retrouvons la formation des mots par une fusion et une intégration de racines qui détruit le sens indépendant de ces racines. Les langues aryennes, et celles qui ont le caractère *amalgamé*, forment une classe par opposition aux langues *aptotiques* ou *agglutinées*, dans lesquelles les racines ne s'unissent pas du tout, ou s'unissent d'une manière si incomplète, que chacune d'elles retient son sens propre. Les philologues trouvent que ces différences fondamentales qui déterminent les différences grammaticales dans leur domaine respectif, c'est-à-dire des modes de combiner les idées, sont réellement caractéristiques des divisions primaires dans les langues.

Cela revient à dire que parmi les langues où nous savons que l'évolution s'est opérée, les plus grands groupes se distinguent les uns des autres par les plus profondes différences de structure ; et comme la même chose a lieu dans les

groupes d'organismes, nous avons une raison de plus de conclure que ceux-ci sont soumis à l'évolution.

§ 125. Il existe un autre fait analogue qui a la même signification. Nous avons vu (§ 101) que les classes, les ordres, les genres, les espèces successivement subordonnés, où les zoologistes et les botanistes distribuent les animaux et les végétaux qu'ils séparent, n'ont pas en réalité la valeur définie qu'on est convenu de leur attribuer. Il y a des espèces bien tranchées, et des espèces si imparfaitement définies que certains auteurs de systèmes les regardent comme des variétés. Entre les genres, il existe dans bien des cas de profondes différences, et dans d'autres cas, les différences sont si peu tranchées que l'on se demande si elles constituent des distinctions génériques. Il en est de même des ordres et des classes; dans quelques-unes de ces divisions, on a introduit des subdivisions qui n'ont pas d'équivalents dans d'autres. Le même principe est vrai des sous-règnes. La différence entre les molluscoïdes et les mollusques est bien moindre que celle qui sépare les mollusques des annelés; il y a même des naturalistes qui pensent que les vertébrés sont bien plus largement séparés des autres sous-règnes que ceux-ci ne le sont entre eux, que les vertébrés devraient avoir une valeur de classification égale à celle de tous les autres sous-règnes pris ensemble. Or, c'est justement ce même défaut de précision dans la valeur, ce manque d'équivalence complète, qui s'observe dans les groupes simples et composés et recomposés, que nous voyons se former par évolution. Chaque fois qu'on a tenté d'arranger les différents produits de l'évolution, on se heurte à une difficulté, comme celle qui s'opposerait à une classification des branches d'un arbre en branches de pre-

mier, de second, de troisième, de quatrième, etc., ordre, difficulté qui consiste en ce qu'il existe des branches de degré intermédiaire de composition. L'exemple des langues va nous servir encore. Certains dialectes anglais ne présentent que de légères différences; d'autres sont séparés par des différences tranchées. Les diverses langues scandinaves sont parentes à différents degrés. Le hollandais est bien moins distinct de l'allemand que le suédois; tandis que le danois et le suédois ont une parenté si étroite qu'on peut les regarder comme des dialectes très-tranchés. Pareillement, quand on compare les plus grandes divisions, on voit que les diverses langues du tronc aryen ont divergé du type originel à des distances très-différentes. La conclusion générale est évidente. Si les espèces de langues humaines rentrent dans des groupes, des sous-groupes et des sous-sous-groupes, les groupes ne sont pas tous d'une valeur égale, ni les sous-groupes, ni les sous-sous-groupes.

Si donc la classification des organismes aboutit à former divers ordres d'assemblages, tels que les assemblages d'un même ordre n'aient entre eux qu'une équivalence imparfaite; et si d'autre part dans les domaines où l'on sait que l'évolution a régné, des assemblages se sont formés entre lesquels l'équivalence est pareillement incomplète, c'est une raison de plus de conclure que les organismes sont le produit de l'évolution.

§ 126. Reste un fait de grande importance; si des groupes de formes organiques sont le résultat d'une divergence et d'une redivergence, et si, tandis que les groupes ont été se développant, de groupes simples devenant groupes composés, chaque groupe et chaque sous-groupe a donné naissance à des formes plus complexes de son propre type,

on peut inférer qu'il a existé autrefois une plus grande ressemblance de structure entre les membres des groupes parents, qu'elle n'existe aujourd'hui. Par suite, si nous admettons que les membres les plus simples d'un groupe sont ceux qui ont subi le moindre changement, nous pouvons nous attendre à trouver une plus grande ressemblance entre eux et les membres plus simples d'un groupe parent, que nous n'en trouvons entre les membres plus complexes des deux groupes. Ce qui, en général, se trouve vrai.

Entre les sous-règnes, les lacunes sont extrêmement grandes; mais la parenté éloignée que l'on peut discerner aide à les combler. A propos d'un vertébré extrêmement dégradé, l'*Amphioxus*, qui présente dans son organisation divers traits des mollusques, M. Carpenter remarque qu'il « offre un excellent exemple d'un autre fait important, à savoir que c'est par leurs formes les plus inférieures, plutôt que par les plus élevées, que deux groupes naturels se trouvent unis par la relation la plus étroite. » Quelles faibles traces de communauté existe-t-il entre les annelés et les mollusques? Il y a les cellules à filaments (1) que certains de leurs groupes inférieurs possèdent en commun avec les célentérés. Des liens plus étroits existent entre les membres inférieurs de chaque classe. En parcourant les classes des crustacés et des arachnides à partir de leurs formes les plus complexes jusqu'aux plus simples, les zoologistes rencontrent des difficultés; pour quelques-unes des formes plus simples, il y a des doutes sur la question de savoir à quelle classe elles appartiennent. Le lépidosiren, au sujet duquel on a discuté pour savoir s'il était poisson ou amphibien, est inférieur par l'organisation de son squelette à la

(1) Organes urticaires des polypes, des méduses, etc.

grande majorité des poissons et des amphibiens. Quelque grande différence qui sépare les mammifères inférieurs des oiseaux, il existe entre eux des caractères communs que les mammifères supérieurs ne possèdent point.

Or, puisque cette espèce de relation entre les groupes ne peut s'expliquer par aucune autre hypothèse, puisque l'hypothèse de l'évolution nous permet de l'interpréter, nous devons y voir une des preuves de cette hypothèse que nous donnent les faits de classification.

§ 127. Que dirons-nous si nous rapprochons entre elles ces vérités principales? C'est un fait de nature à nous frapper que les naturalistes aient été graduellement contraints de distribuer les organismes dans des groupes compris dans d'autres groupes; et que ce soit justement l'arrangement que nous voyons naître par descendance, comme dans les familles et chez les races humaines. Les plus petits groupes sont les plus proches parents, et en même temps il existe entre les grands sous-règnes des différences de structure du genre le plus tranché; comment ne serions-nous pas frappés de ce fait, quand nous voyons que partout où l'évolution est constatée, elle produit réellement ces petits groupes faiblement distincts, et ces grands groupes profondément distincts. L'impression produite par ces deux ressemblances qui s'éclairent mutuellement, devient plus profonde par l'effet d'une troisième ressemblance qui ajoute encore de la valeur aux deux premières, à savoir qu'entre les espèces, genres, ordres, classes, etc., que les naturalistes ont formés, il existe des transitions graduelles; ainsi, entre les groupes, sous-groupes, et sous-sous-groupes, que nous connaissons comme le résultat constaté de l'évolution, il existe des groupes de valeur

intermédiaire. De plus, ces trois ressemblances entre les résultats connus de l'évolution, et les résultats que nous attribuons présentement à l'évolution, acquièrent une nouvelle valeur par le fait que l'espèce de parenté qui unit les groupes par leurs membres les plus inférieurs, est précisément celle que suppose notre hypothèse.

Lors même que ces ressemblances spécifiques n'existeraient pas, le grand fait de l'unité dans la multiformité que les organismes présentent d'une façon si frappante, parle puissamment en faveur de l'évolution. Affranchissons-nous des opinions préconçues, nous verrons de bonnes raisons de penser avec M. Darwin « que la proximité de la souche généalogique, seule cause connue de ressemblance entre les êtres organisés, est le lien, en partie masqué par des modifications plus ou moins considérables, qui nous est en partie révélé par nos classifications. » Lorsque nous considérons que cette unique cause connue de similarité, combinée avec l'unique cause connue de divergence, que nous trouvons dans l'influence des conditions, nous donne la clef des ressemblances obscurcies par tant de différences auxquelles nulle autre interprétation consistante ne saurait être donnée, lors même qu'on admettrait des causes purement hypothétiques; nous devons voir que n'existât-il aucune des harmonies remarquables signalées plus haut, les vérités manifestées par la classification viendraient encore appuyer notre conclusion.

CHAPITRE V

ARGUMENTS TIRÉS DE L'EMBRYOLOGIE

§ 128. Nous avons exposé brièvement (§ 52) une induction remarquable formulée par Baer, qui « a trouvé que dans les premiers temps de son existence, tout organisme a le plus grand nombre de ses caractères communs avec les autres aux premiers temps de leur existence; qu'à une époque un peu plus avancée sa structure ressemble à celle que présente à une époque correspondante un nombre d'organismes moins étendu : qu'à chaque période suivante, l'embryon prend des caractères qui le distinguent des groupes d'embryons qui auparavant lui ressemblaient; que par suite de cette diminution graduelle de la classe des embryons auxquels il ressemble, la classe des embryons des similaires se trouve réduite en définitive aux limites étroites de l'espèce dont il est membre. » Bien qu'il faille n'accepter cette généralisation qu'avec des réserves, elle est pourtant vraie en moyenne, et à ce titre elle doit être considérée comme hors de doute; à ce titre aussi elle possède une immense importance.

En effet, si nous tirons par la pensée toutes les conséquences de ce principe; si nous concevons les germes de tous les genres d'organismes qui se développent simultanément; si

après les avoir vus marcher ensemble pendant la première période, nous nous les représentons à la seconde se divisant en deux moitiés, l'une s'écartant de l'autre; si à la période suivante, nous observons par la pensée que chacun de ces grands groupes s'engage dans deux ou plusieurs voies de développement; si nous nous représentons cette bifurcation marchant simultanément, degré par degré, dans toutes les branches; nous verrons qu'il doit se former un résultat ressemblant à un arbre par l'arrangement de ses parties. Si nous concevons cet immense arbre généalogique comme un tout composé d'un tronc, de grandes branches, de branches secondaires, et ainsi de suite, jusqu'aux derniers rameaux, nous reconnaîtrons que les diverses espèces d'organismes représentés par ces rameaux terminaux, formant la périphérie de l'arbre, se trouvent unis les uns aux autres par une relation sous forme de petits groupes, unis eux-mêmes dans d'autres groupes, qui sont compris dans d'autres, et ainsi de suite. L'arbre embryologique qui exprime les relations du développement des organismes, sera semblable à l'arbre qui symbolise leurs relations de classification. La subordination des classes, ordres, genres et espèces, que les naturalistes ont été graduellement conduits à établir, est justement la subordination qui résulte de la divergence et de la redivergence des embryons, qu'on trouve dans tous. Dans l'hypothèse de l'évolution cette ressemblance a un sens : elle indique cette parenté primordiale et cette différenciation progressive de tous les organismes que l'hypothèse propose. Mais dans toute autre hypothèse, la ressemblance n'a aucun sens ou plutôt elle soulève une difficulté; puisqu'elle suppose ou bien un effet sans cause, ou un plan sans but.

§ 129. Nous avons dit plus haut qu'il faut accepter avec des

réserves cette grande loi embryologique. Les ressemblances qui rapprochent les grands groupes d'embryons à la première période de leur existence, et qui rapprochent aux dernières périodes de leur développement des groupes de plus en plus restreints, ne sont point des ressemblances spéciales, ni exactes, mais des ressemblances générales ou approximatives; et dans quelques cas cette loi générale n'est que très-imparfaitement observée. Toutefois ces irrégularités, au lieu d'être en désaccord avec l'hypothèse de l'évolution, lui apportent un nouvel appui.

Remarquez d'abord que les deux seules autres suppositions possibles touchant les changements du développement, sont rejetées l'une par cette loi générale et l'autre parce qu'elle présente avec cette loi des désaccords secondaires. Si l'on prétend que l'hypothèse exige que tous les organismes proviennent de germes simples, et par conséquent qu'une unité morphologique a dû constituer leur état primitif, on peut opposer une réponse que tout le monde voit, que l'unité morphologique impliquée dans l'hypothèse n'est pas la seule unité morphologique à expliquer. Si c'était la seule unité, les diverses espèces d'organismes, partant d'une forme primitive commune, commenceraient toutes dès le début à diverger individuellement, comme des rayons autour d'un centre; ce qui n'a pas lieu. Si, d'ailleurs, l'on disait que les organismes ont été formés sur certains types, et que ceux du même type continuent à se développer ensemble dans la même direction jusqu'à ce que le temps soit venu pour eux de revêtir leurs caractères spéciaux de structure, nous répondrions que lorsqu'ils se mettent à diverger, ils devraient chacun se développer en lignes directes dans le sens de leurs formes finales. On ne saurait fournir aucune raison qui explique pourquoi, après s'être une fois séparés,

certains groupes s'avancent vers leurs formes finales par des routes irrégulières et tortueuses. Dans l'hypothèse du plan ces déviations sont inexplicables.

Toutefois l'hypothèse de l'évolution, en même temps qu'elle présuppose entre les embryons des relations générales que l'observation nous révèle, fournit encore l'explication de ces dérogations moins importantes. Si, comme toute théorie rationnelle le présuppose, les différenciations progressives qui ont éloigné les formes organiques les unes des autres dans le passé, ont été, comme elles le sont encore, les effets directs et indirects de conditions externes ; si les organismes sont devenus différents, soit par l'effet d'adaptations immédiates à des habitudes différentes, soit par l'effet d'adaptations résultant de la conservation des individus les plus propres à ces habitudes, ou pour les deux causes ; et si les changements embryonnaires sont unis par une relation aux changements subis par les races ancêtres, il faut s'attendre à ces irrégularités. En effet, les changements successifs dans les genres de vie suivis par les races ancêtres successives, peuvent n'avoir pas eu une succession régulière. Dans certains cas, ils doivent avoir été plus nombreux que dans d'autres ; dans quelques cas ils doivent avoir été plus grands que dans d'autres ; dans d'autres cas, ils doivent avoir suivi des modes inférieurs, dans d'autres, des modes supérieurs, et dans quelques-uns, des modes qui ne sont ni supérieurs, ni inférieurs. De deux races connées qui se sont séparées dans un passé éloigné, l'une peut avoir eu des descendants qui ont passé par des modes de vie profondément différents, et pourtant quelques-uns de ces derniers peuvent avoir en définitive contracté des genres de vie semblables à ceux des races divergentes dérivées du même tronc. Si les métamorphoses d'embryons indiquent, d'une manière générale, les

changements de structure subis par les ancêtres, les derniers changements embryologiques de deux races parentes seront un peu différents, quoiqu'ils puissent aboutir à des formes très-semblables. Un exemple rendra claire cette opération de développement. « Les pétrels, dit M. Darwin, sont les plus aériens et les plus océaniques des oiseaux, mais dans les tranquilles solitudes de la Terre de Feu, tout le monde prendrait pour un pingouin ou un grèbe le *Puffinuria berardi*, à cause de ses habitudes générales, de son étonnante adresse à plonger, de sa manière de nager et de voler, quand, malgré lui, il prend la fuite ; et pourtant c'est un pétrel, mais dont l'organisation est profondément modifiée sur divers points. » Or, si nous supposons que ces habitudes de grèbe se continuent durant une longue période, et que la forme pétrel s'efface encore davantage, que l'animal se rapproche de plus en plus de la forme grèbe, il est évident que tandis que les petits du grèbe et ceux du *Puffinuria* montreront, durant les premières périodes de leur développement, la ressemblance impliquée par leur origine commune dans un type primitif d'oiseau, il viendra un moment où le petit du *Puffinuria* montrera des caractères qui l'en éloigneront, et qui représenteront la structure des pétrels, ses ancêtres, et ce n'est que plus tard qu'il commencera à perdre ces caractères et à prendre la structure des grèbes.

Aussi, si nous nous rappelons les intrusions perpétuelles des organismes dans les modes de vie les uns des autres, souvent extrêmement différents ; et si nous nous rappelons que ces empiètements ont eu lieu depuis le commencement, nous nous trouverons préparés à reconnaître que la ressemblance embryologique est restreinte par des irrégularités, pour la plupart petites, souvent considérables, et quelquefois grandes. L'hypothèse de l'évolution explique ces

irrégularités; elle fait plus, elle en suppose la nécessité.

§ 130. Les substitutions et les suppressions d'organes sont du nombre des phénomènes embryologiques secondaires qui concordent avec l'hypothèse de l'évolution, mais qui ne peuvent s'accorder avec aucune autre croyance. Il existe des cas où, pendant les premiers temps de son développement, un embryon possède des organes qui disparaissent par la suite, à mesure que d'autres organes se forment pour remplir les mêmes fonctions. Il y a aussi des cas où des organes apparaissent, grandissent jusqu'à un certain point, n'ont aucune fonction à remplir, et disparaissent par absorption.

Nous trouvons un fait remarquable de substitution dans les dispositions temporaires qui se succèdent dans la fonction d'aération du sang, chez l'embryon des mammifères. Pendant la première période de son développement le sang de l'embryon mammifère circule dans un système de vaisseaux distribués à la surface de l'*area vasculosa*, homologues d'un vaisseau qui, chez les poissons, sert à aérer le sang jusqu'au moment où les organes respiratoires permanents entrent en jeu. Quelque temps après, on voit pousser sur l'embryon mammifère une membrane vasculaire appelée *allantoïde*, homologue de ce qui, chez les oiseaux et les reptiles, remplace le premier appareil respiratoire. Mais, tandis que chez les vertébrés ovipares supérieurs, l'allantoïde sert de poumon pendant le reste de la vie embryonnaire, il n'en est pas ainsi dans l'embryon de mammifère. Dans les mammifères implacentaires, l'allantoïde avorte, n'ayant aucune fonction à remplir, et chez les mammifères supérieurs elle devient « le point de départ du placenta, et sert à établir la communication du parent et du rejeton », elle devient un organe de nutrition plus que de respiration. Or, puisque le premier

système de vaisseaux sanguins externes n'est plus en contact avec un milieu directement oxygéné, il ne saurait plus être très-utile à l'embryon mammifère en qualité de poumon; puisque le second système de vaisseaux sanguins externes n'est pas pour l'embryon implacentaire plus utile que le premier, et puisque la communication entre l'embryon et le placenta chez les mammifères placentaires aurait pu être établie aussi bien ou mieux directement que par la métamorphose de l'allantoïde, ces substitutions paraissent inexplicables dans le système du plan. Au contraire, elles s'accordent avec l'hypothèse que le type mammifère est né des types vertébrés inférieurs. Dans ces cas, en effet, l'embryon mammifère, passant par des états qui représentent plus ou moins distinctement les états qui étaient communs à ses ancêtres éloignés et aux vertébrés inférieurs, développe ces organes auxiliaires comme chez les vertébrés inférieurs.

Les suppressions d'organes sont plus frappantes encore que les substitutions. M. Darwin cite quelques cas qu'il dit « extrêmement curieux, par exemple la présence des dents dans les fœtus de baleines, qui, arrivés à leur plein développement, n'ont point de dents dans leurs mâchoires... D'excellentes autorités ont même affirmé que l'on pouvait découvrir des rudiments de dents dans le bec de certains embryons d'oiseaux. » On ne peut pas même assigner une fonction temporaire à ces organes qui ne sont construits que pour être bientôt détruits. Ils sont absolument sans usage; la formation en est complétement superflue. Inconciliable avec toute théorie téléologique, ils ne concordent même pas avec la théorie des types fixes, qui se conservent par le développement de toutes les parties typiques, encore qu'elles ne soient point nécessaires — vu que la disparition de ces organes naissants durant la vie fœtale supprime la res-

semblance typique. Mais, en même temps que pour toutes les autres hypothèses ces faits sont des pierres d'achoppement, ils apportent à celle de l'évolution un secours puissant.

Les faits dits de développement rétrograde sont voisins de ces faits de substitution et de suppression. Il y a beaucoup d'êtres parasites, et d'autres qui, après avoir mené une vie active pendant un certain temps, se fixent et perdent, à l'état adulte, les membres et les sens dont ils étaient pourvus pendant qu'ils étaient jeunes. Toutefois on pourrait dire que ces êtres ne sauraient s'assurer les habitats qui leur sont nécessaires, sans posséder durant leur état de larves des yeux et des organes de natation qui finissent par devenir inutiles; on pourrait dire aussi que bien que par la perte de ces organes, leur organisation rétrograde dans un sens, elle progresse dans un autre, et que par conséquent ils ne sont pas des exemples du développement inutile d'un être supérieur aboutissant à un type inférieur. Néanmoins il y a des cas d'une dégradation dans l'organisation, qui suivent une ascension en apparence superflue. « Les larves, dit M. Darwin à propos de certains genres de cirripèdes, se développent, soit à l'état d'hermaphrodites possédant la structure habituelle, soit à l'état que j'ai appelé mâles complémentaires, et dans le dernier, le développement a assurément été rétrograde; car le mâle n'est qu'un simple sac qui vit durant un temps très-court, n'a ni bouche, ni estomac, ni aucun organe important, excepté ceux de reproduction. »

§ 131. L'embryologie comparée nous apprend qu'outre les substitutions d'organes, il y a ce qu'on peut appeler des modes de développement substitués. Le même genre de structure ne se produit pas toujours de la même façon; et certains groupes voisins d'organismes ont des modes d'évo-

lution qui semblent très-différents. Les deux modes sont profondément distincts, l'un est le mode *direct*, l'autre l'*indirect*. Ils peuvent caractériser chacun le cours général de l'évolution dans son ensemble, et le cours de l'évolution d'organes particuliers.

Ainsi, dans l'immense majorité des animaux articulés, des métamorphoses plus ou moins marquées sont des étapes de la route qui conduit à l'état de maturité. Les transformations si connues des insectes nous montrent combien est tortueuse la route qui mène de la forme embryonnaire à la forme adulte chez certains ordres d'articulés. Mais il en est d'autres, tels que les arachnides inférieurs, où l'évolution depuis l'œuf jusqu'à l'état adulte se fait de la façon la plus simple : la substance grandit dans le sens de la forme qui lui est destinée par la route la plus courte. Les mollusques présentent des différences, qui bien que moins marquées sont essentiellement de même nature. Chez quelques gastéropodes, suivant Vogt, la masse germinative, après avoir subi ses premiers changements à la façon des masses germinatives en général, commence à se transformer dans son entier en une structure finie : dans une partie, les cellules composantes se soudent pour former le cœur, dans une autre pour former le foie, et ainsi de suite. Mais dans d'autres classes de mollusques, chez les céphalopodes, par exemple, l'embryon se modèle aux dépens du blastoderme ou du feuillet extérieur de la masse germinative, et les divers organes naissent la plupart de ce blastoderme par une opération de bourgeonnement, atteignent leur dernière forme par des modifications successives, en même temps qu'ils croissent aux dépens de la substance nutritive empruntée au reste de la masse germinative. Ce développement indirect est universel chez les vertébrés.

Or en considérant dans leur ensemble les faits que nous venons d'indiquer brièvement, il est possible de trouver parmi ces irrégularités quelque chose comme une règle générale. Le développement indirect est le caractère des formes le plus parfaitement organisées. Dans le sous-règne des vertébrés, qui, considéré comme un tout, surpasse de beaucoup les autres en complexité, le développement est uniformément indirect. Il est indirect dans la grande masse des articulés. Il est indirect chez les mollusques supérieurs. Par contre, il est direct dans une grande proportion des types inférieurs. Les œufs des protozoaires, des célentérés, des annuloïdes inférieurs donnent naissance aux structures respectives qui leur sont propres, par des transformations à peu près immédiates; l'animal prend de la manière la plus simple, quand le temps est venu, chaque forme du cycle de formes qu'il parcourt; et lorsqu'il se multiplie par bourgeonnement, la substance du bourgeon passe par une opération aussi courte que possible à la forme définitive. Lorsque chez les plus simples types d'animaux, l'évolution est indirecte, c'est d'une manière générale par suite de quelque mode de vie transitoire que la larve traverse avant d'arriver à maturité; et lorsque nous trouvons l'évolution directe chez les types plus complexes, c'est dans leurs membres les plus dégradés : par exemple les acares parmi les articulés (1).

(1) On peut soutenir que le mode de développement reste évidemment en rapport avec le *volume* de la masse qui doit être transformée en embryon. Sans doute il est vrai que la transformation directe est le caractère des œufs petits, et l'indirecte celle des œufs gros, et il se peut qu'une relation de ce genre soit nécessaire. Il est très-possible que la polarité des unités physiologiques qui détermine la structure spécifique n'agisse pas dans une grande masse de manière à la transformer dans son entier en la structure spécifique, bien qu'elle le fasse dans une masse petite. Mais ce qui prouve que le volume de l'œuf n'est pas la *seule* cause de cette différence de méthode, c'est le fait que dans certains cas où le développement est comparativement direct, comme dans l'actéon, l'œuf est bien plus gros que dans les cas où le développement est comparativement indirect, comme chez les très-petits insectes.

Nous avons déjà vu que les faits d'organisation sociale nous fournissent des indications qui nous aident à interpréter les phénomènes des organismes individuels. Voyons si les faits que nous y trouvons ne nous donneront pas le secours de l'analogie. Une manufacture, ou tout autre établissement de production, ou une ville composée d'établissements de ce genre, est un organisme destiné à élaborer un produit consommé par la société en général; on peut y voir l'analogue d'une glande ou d'un viscère dans un organisme individuel. Or, si nous recherchons quel est le mode primitif de la croissance d'un de ces établissements de production, nous trouvons qu'il consiste en ce qui suit. Un seul ouvrier, qui vend lui-même le produit de son travail, voilà le germe. Ses affaires croissant, il emploie des auxiliaires, ses fils, ou d'autres gens; cela fait, il devient marchand non-seulement de son propre travail, mais de celui des autres. Ses affaires prenant encore du développement le forcent à multiplier le nombre de ses aides, et sa vente devient si rapide qu'il est obligé de se borner à l'opération de vendre; il cesse d'être producteur, il n'est plus qu'un canal par où les produits d'autrui passent au public. Que sa prospérité monte encore, il se sent incapable de diriger même la vente de ses marchandises, il faut qu'il y emploie d'autres personnes, probablement de sa propre famille, qui l'aident à vendre; c'est-à-dire qu'à lui, canal principal, s'ajoutent maintenant des canaux subordonnés, et ainsi de suite. Ce n'est pas tout: quand il se forme dans une place comme Manchester ou Birmingham des établissements du même genre, l'opération est poussée encore plus loin. Il s'établit des facteurs et des commissionnaires, qui sont les canaux par où s'écoulent les produits d'une foule de manufactures; et nous croyons qu'au début ces facteurs

étaient des manufacturiers qui ont entrepris de vendre des produits de maisons moins importantes aussi bien que les leurs, et en définitive ne se sont plus occupés que de la vente. Or, ce mode qui est celui d'après lequel les institutions sociales de tout genre se sont développées ne continue pas à régner. Partout il y a une tendance à substituer le procédé direct au procédé indirect. Ce n'est plus par la série des modifications ci-dessus décrites que se développent communément les établissements manufacturiers; la plupart prennent naissance par la transformation immédiate d'un certain nombre de personnes en maître, commis, contre-maîtres, ouvriers, etc. Au lieu d'une association commerciale, comme il s'en formait originellement, par une union inapparente entre les fabricants et leurs fils ou leurs aides, nous avons maintenant les compagnies d'actionnaires, résultat de métamorphoses subites de groupes de citoyens. Il en est de même d'institutions sociales plus larges et plus complètes. Quand une ville nouvelle se forme aux États-Unis, ce n'est plus d'après l'antique méthode qui accumulait graduellement des maisons autour d'un noyau, et par une succession de petites modifications de structure à la suite de l'accroissement d'étendue; non, elle s'agrandit sur une vaste surface d'après un plan déterminé; dès le début les divers centres civils, ecclésiastiques et industriels dont la cité naissante a besoin, s'y développent. Dans la formation même des colonies, nous voyons pareillement que le type entier de l'organisation sociale propre à la race d'où émane la colonie, se révèle tout à la fois. La colonie ne traverse pas toutes les phases du développement par lesquelles a passé la société mère; mais il y a une transformation comparativement directe de l'ensemble des colons en un organisme social parent par la structure de l'organisme social dont il est un rejeton.

Revenons maintenant au développement des organismes individuels, en y transportant l'idée que nous a fait concevoir le développement des institutions sociales. Dans l'hypothèse de l'évolution, tous les organes doivent avoir été originellement formés d'après la méthode indirecte, par accumulation de modifications sur modifications; et, si le développement de l'embryon reproduit le développement des races ancêtres, il faut que chez lui les organes se forment par cette méthode indirecte. C'est ainsi en effet qu'ils se forment en général. Il y a une analogie frappante entre le mode d'après lequel, ainsi que nous l'avons vu plus haut, des établissements manufacturiers se sont développés originellement, et le mode d'après lequel les organes de sécrétion évoluent. Quelques-unes des cellules appartenant au groupe des cellules biliaires qui forment le germe du foie, placées au centre du groupe, et voisines de l'intestin, se transforment en conduits par lesquels la sécrétion des cellules biliaires périphériques s'écoule dans l'intestin; et à mesure que les cellules biliaires périphériques se multiplient, il se forme des canaux secondaires qui se vident dans les principaux, des tertiaires qui se déchargent dans les secondaires, et ainsi de suite. Mais, tandis que dans le foie et dans d'autres organes, le développement reste indirect dans une forte proportion, il y a d'autres organes, comme le cœur, où le développement est comparativement direct. Le cœur de l'embryon vertébré ne naît pas d'un bourgeon; on peut le voir au début formé d'une masse agrégée de cellules qui deviennent distinctes de celles au milieu desquelles elles sont plongées : sa transformation en une chambre contractile s'effectue par la consolidation de ses cellules externes, tandis que les cellules internes se liquéfient. Le développement relativement direct de certains organes d'embryons supérieurs est, ainsi que nous l'avons vu,

le caractère du développement total de bien des embryons inférieurs.

Dans l'hypothèse de l'évolution, il faut que le mode direct de développement des animaux se soit substitué au mode indirect, comme nous voyons qu'il s'y est substitué dans les sociétés. Comment cette substitution s'est-elle opérée? En étudiant la cause de la substitution dans l'organisme social, nous pourrons peut-être arriver à comprendre la cause de la substitution dans l'organisme individuel. Le mode direct dans la formation des établissements sociaux remplace l'indirect quand ces établissements existent depuis si longtemps, ou possèdent une importance si grande qu'ils ont modifié les habitudes et les idées communes. Des groupes de citoyens s'unissent pour former des corps d'associés qui s'organisent rapidement, parce que l'habitude de former ces combinaisons a si bien modifié les idées et les sentiments des citoyens, que c'est une chose toute naturelle pour eux que de s'unir de la sorte. Il en est de même pour ceux qui forment une colonie. S'ils prennent promptement une structure sociale aussi semblable à celle de la mère patrie que les circonstances le permettent, c'est évidemment parce que l'organisation de la mère patrie a modelé les émotions et les croyances de ses membres conformément à son propre type, au point que lorsque quelques-uns de ses membres se trouvent transportés dans une colonie, ils s'arrangent directement en une structure d'un type semblable à celui de la mère patrie : ils ne répètent pas toutes les phases par où la mère patrie a passé, parce que leur constitution a été trop profondément modifiée pour le leur permettre. Cette action et cette réaction qui s'exercent entre un organisme social et ses unités, qui explique les changements de modes du développement social, doivent avoir leurs analogues dans l'action et la réaction entre un

organisme individuel et ses unités. Divers genres de phénomènes nous imposent la conclusion que tout organisme est composé d'unités physiologiques pourvues de certaines propriétés qui les obligent à s'arranger sous la forme des espèces auxquelles elles appartiennent. Dans les chapitres sur la genèse, l'hérédité et la variation, nous avons vu des raisons de croire que si les propriétés polaires des unités physiologiques déterminent la structure de l'organisme comme un tout, celui-ci comme un tout, lorsque sa structure vient à être changée par des forces incidentes, réagit sur les unités physiologiques et les modifie de manière à les adapter toujours plus à sa nouvelle structure. Or cette action et cette réaction entre un agrégat organique et ses unités, tendant toujours à les mettre en harmonie, doit travailler sans cesse à rendre l'opération du développement plus directe, et montrer ses effets de toutes les façons et à tous les degrés, suivant l'histoire des ancêtres de chaque espèce. Supposé qu'il fût possible pour une race d'organismes de se propager durant un temps indéfiniment prolongé, sans aucun changement dans les conditions que nécessiterait un changement de structure ; il existerait un accord tellement complet entre l'agrégat organique et ses unités physiologiques que les unités s'arrangeraient directement en une structure semblable à celle de l'organisme adulte : le germe revêtirait les propres caractères de l'espèce avec peu ou point de déplacement de substance. Mais, faute de conditions constantes, que pouvons-nous attendre? Nous pouvons attendre que dans les endroits où les conditions et la structure ont été le plus constantes, le mode de développement sera le plus direct; et qu'il sera le plus indirect dans les endroits où ont eu lieu les changements les plus grands et les plus nombreux dans les habitudes et les structures des races ancêtres. Nous pouvons prévoir aussi que les change-

ments correspondant aux premières formes ancêtres subiront un effacement d'autant plus grand que l'organisation se sera depuis lors maintenue plus fixe. Les faits se montrent d'accord avec cette conclusion. Nous voyons un développement comparativement direct dans les types inférieurs d'animaux qui nous montrent, par leur infériorité, qu'ils n'ont pas, depuis le commencement de la vie organique, traversé plusieurs systèmes de changement. Enfin, lorsque nous trouvons chez les types supérieurs d'animaux le développement direct, il sert de caractère plutôt aux membres les plus simples de ces types qu'aux plus compliqués.

Les méthodes d'après lesquelles les diverses parties du même embryon se développent, nous offrent des différences qui paraissent avoir une signification analogue. Le cœur dont le développement est en grande partie direct, est un organe qui se montre comparativement de bonne heure dans l'échelle des formes organiques; et une fois qu'il a apparu, il garde partout le caractère d'un muscle creux. Par contre, les organes qui se développent d'une manière très-indirecte, sont ceux de la vie de relation, qui dans les progrès des formes organiques subissent diverses métamorphoses. Voilà qui jette quelque lumière sur certaines irrégularités dans l'*ordre* de développement des organes. Si nous examinons les actions et les réactions continues qui tendent toujours à établir une balance entre un agrégat organique et ses unités, nous reconnaîtrons que l'effet que les unités composant un organe produisent sur l'organisme comme sur un tout, dépendra en partie de la *permanence* de cet organe et en partie de sa *masse* proportionnelle. L'influence d'une force est un produit de son *intensité* multipliée par le *temps* durant lequel elle s'est exercée. Par suite, une plus grande partie de l'agrégat agissant pendant un temps plus court, fera sur les

unités physiologiques autant d'effet qu'une partie plus petite agissant pendant un temps plus long; et pourra alors commencer à montrer son influence dans les changements du développement, aussi tôt qu'une partie qui aurait existé durant un temps plus long, ou même plus tôt que cette partie. Cela permet de comprendre pourquoi, chez certains entozoaires qui ont un appareil de la génération très-développé, les rudiments de cet appareil sont les premiers à se montrer. Cela explique encore des anomalies telles que celles qui sont indiquées par le professeur Agassiz, à savoir l'apparition, dans certains cas, de traits caractérisant l'espèce, à une période du développement où les traits caractéristiques du genre ne sont pas encore visibles.

§ 132. La loi embryologique formulée par Baer est donc en harmonie avec l'hypothèse de l'évolution; c'est même une loi que l'hypothèse implique. L'hypothèse explique encore les faits de moindre importance qui sont en désaccord avec la loi. Le parallélisme entre la marche que suit le développement dans les espèces qui ont eu un ancêtre commun, est susceptible de se modifier diversement d'après les dernières formes ancêtres qui se sont produites après la divergence de ces espèces. La substitution d'une méthode directe de formation à une indirecte qui se montrera, nous avons des raisons de le croire, et dans le développement de l'organisme entier, et dans celui des organes particuliers, une telle substitution doit jeter du trouble dans les faits embryologiques. Comme les parties affectent l'organisme entier différemment suivant leurs masses, une autre influence se produit qui, dès le début, doit commencer à modifier les métamorphoses de chaque espèce d'embryon, et être cause qu'elles montrent des changements qui les éloignent d'embryons issus des mêmes ancê-

tres. Nous trouvons donc trois causes différentes qui concourent, avec une variété infinie de moyens et de nuances, à produire des déviations de la loi générale, causes qui sont évidemment capables de produire, sous des conditions spéciales, des changements en contradiction apparente avec cette loi.

CHAPITRE VI

ARGUMENTS TIRÉS DE LA MORPHOLOGIE

§ 133. Sans parler de la marche parallèle que suit le développement dans les organismes appartenant à chaque groupe, une chose nous frappe vivement et nous donne beaucoup à penser, c'est que ces organismes à l'état adulte sont construits sur un plan commun. Ainsi que nous l'avons vu (§ 103), ni la supposition qui attribue au hasard les combinaisons d'attributs qui unissent les classes, ni celle qui n'admet aucune autre combinaison, ni celle qui attache les organismes à des plans types déterminés, ne suffisent à expliquer les faits. Un exemple préparera mieux le lecteur à voir la véritable signification de cette ressemblance fondamentale.

Chez les insectes dont les variétés sont si nombreuses, qu'ils soient très-allongés comme la libellule, ou ramassés comme la coccinelle, ou ailés comme le papillon, ou sans ailes comme la puce, nous trouvons un caractère commun : ils ont tous vingt segments originellement. Tantôt ces segments sont nettement marqués, tantôt ils sont soudés de façon à permettre difficilement d'en reconnaître la séparation. Ce n'est pas tout. On a fait voir que le même nombre

de segments se retrouve chez tous les crustacés. Le crabe à carapace si solide, et la squille avec des divisions longues et lâchement unies, sont composées du même nombre de somites. Bien que chez les crustacés supérieurs, quelques-uns des anneaux durcis qui composent le squelette extérieur ne soient jamais distincts que d'une manière partielle, on peut y voir des pièces homologues à des segments qui chez d'autres crustacés sont nettement séparés. Or, quel peut être le sens de la communauté de structure que nous retrouvons dans ces centaines de mille espèces qui remplissent l'air, habitent la terre, nagent dans l'eau, rampent çà et là parmi les plantes marines, et qui possèdent des dimensions, des formes, une composition, tellement différentes qu'on n'aurait pu soupçonner entre elles aucune communauté? Pourquoi sous le corps couvert de poils de la phalène et sous les dures élytres du hanneton, trouverait-on le même nombre de divisions que dans la structure calcaire du homard? Ce ne peut être par *hasard* qu'il existe juste vingt segments dans chacune de ces centaines de mille d'espèces. Il n'y a aucune raison de penser que ce nombre fût *nécessaire*, en ce sens que nul autre nombre n'eût pu constituer un organisme possible. Dire que c'est le résultat d'un *dessein*, que le Créateur a suivi son plan, uniquement pour rester fidèle à son plan, c'est attribuer au Créateur un motif qui, chez un mortel, paraîtrait un caprice. Ce fait et une foule d'autres faits morphologiques ne sauraient recevoir d'interprétation rationnelle que de l'hypothèse de l'évolution; comme les autres il est un corollaire de cette hypothèse. Si les formes organiques sont nées de troncs communs par des divergences et des redivergences perpétuelles, si elles ont continué à hériter d'une façon plus ou moins claire des caractères des races ancêtres; le résultat naturel qui doit en découler, c'est que l'on retrou-

vera une structure fondamentale commune dans ces grands assemblages de créatures qui se sont modifiés en divergeant de mille manières et à mille degrés divers pour s'adapter à leurs modes de vie respectifs. Ajoutez à ceci que tandis que la croyance à l'exécution systématique d'un plan prédéterminé dans toute l'étendue d'un groupe, se trouve complétement contredite par le retour de faits qui s'écartent de temps en temps du type du groupe, ces faits de déviation s'accordent avec la croyance à l'évolution. Ainsi que nous l'avons montré dans le dernier chapitre, il y a des raisons de penser que les traits des ancêtres éloignés seront plus ou moins effacés selon que les modifications de structure qui se sont superposées ont été ou non considérables et de longue durée. Par suite, bien que l'existence d'articulés ayant moins de vingt segments, comme les acariens et les araignées, soit mortelle pour la supposition que vingt segments ont été assignés aux trois groupes des *articulés* supérieurs ; elle n'est point incompatible avec l'hypothèse que quelque race primitive d'articulés ait légué à ces trois groupes ce caractère typique commun, caractère qui s'est néanmoins effacé dans bien des cas, et même perdu complétement dans quelques ordres les plus aberrants de ces classes.

§ 134. Outre ces homologies à compréhension large et souvent profondément cachées, qui unissent différents animaux, il existe des homologies qui ne sont guère moins significatives entre les différents organes d'un même animal. Ces homologies, comme les autres, sont des obstacles aux interprétations surnaturelles, et des appuis pour l'interprétation naturelle.

L'un des cas les plus familiers et les plus instructifs nous est présenté par la colonne vertébrale. Les serpents, qui se

meuvent suivant une voie sinueuse contournant les plantes et les pierres, ou passant au-dessus de ces obstacles, avaient évidemment besoin d'un axe osseux segmenté d'un bout à l'autre; et comme la flexibilité dans toute l'étendue du corps est une condition nécessaire à leur marche, il y a un avantage à ce que la segmentation soit comparativement uniforme. Les mouvements de l'animal seraient impossibles, si au lieu d'une chaîne de vertèbres différant très-peu de longueur, il se trouvait au milieu de la chaîne une masse osseuse qui ne pourrait se courber. Mais dans la plupart des vertébrés supérieurs, les actions et les réactions mécaniques exigent que tandis que certaines parties de l'axe vertébral demeurent flexibles, d'autres soient inflexibles. L'inflexibilité est spécialement une condition dans la partie de la colonne vertébrale appelée sacrum; qui chez les mammifères et les oiseaux forme un point d'appui exposé aux plus grands efforts que le squelette ait à supporter. Or, chez les mammifères, comme chez les oiseaux, cette portion rigide de la colonne vertébrale n'est pas faite d'un segment long, d'une seule vertèbre, mais de plusieurs segments soudés ensemble. Chez l'homme il existe cinq vertèbres sacrées soudées ensemble; et dans la tribu des autruches, il y en a de dix-sept à vingt. Pourquoi cela? Pourquoi, si le squelette de chaque espèce a été l'objet d'un plan spécial, cette masse osseuse a-t-elle été formée par la soudure d'un certain nombre de vertèbres comme celles qui forment le reste de la colonne, au lieu de se composer d'une seule pièce simple? Pourquoi, si l'uniformité typique devait être conservée, le nombre des vertèbres sacrées varie-t-il dans le même ordre d'oiseaux? Pourquoi, demanderons-nous encore, le développement du sacrum se fait-il par un procédé détourné, qui consiste à former d'abord les vertèbres distinctes qui le constituent,

puis à détruire leur indépendance? Dans l'embryon d'un mammifère et d'un oiseau, la substance de la colonne vertébrale est continue au début. Les segments qui doivent devenir des vertèbres naissent peu à peu au milieu de cet axe primitivement homogène. Les segments se forment pareillement dans les parties de la colonne vertébrale qui doivent demeurer flexibles, et dans celles qui doivent devenir rigides. La partie de la colonne qui doit composer le sacrum, ayant passé de son état primitif d'unité, à un état de multiplicité en se divisant en segments, repasse à l'état d'unité par la fusion de ces segments. Dans quel but cette construction et cette reconstruction? Si, primitivement, la colonne vertébrale chez les vertébrés, se composait depuis la tête jusqu'à la queue de segments mobiles séparés, comme cela arrive encore chez les poissons et quelques reptiles, si dans l'évolution des vertébrés supérieurs, certains de ces segments mobiles devenaient, par l'effet des conditions mécaniques auxquelles ils sont exposés, moins mobiles, les uns par rapport aux autres, et à la longue relativement immobiles, on peut comprendre pourquoi le sacrum formé de ces vertèbres continuerait toujours plus tard à présenter des traces plus ou moins visibles de la segmentation primitive de la structure. Mais, dans toute autre hypothèse, cette structure segmentée est inexplicable. « Nous avons reconnu », dit M. Darwin, à propos du fait bien connu que les appendices latéraux, dont la plupart chez les crustacés inférieurs servent de pattes, et ont des formes semblables, sont représentés chez les crustacés supérieurs, quelques-uns du moins, par d'énormes pinces, et d'autres par des mâchoires-pattes diversement modifiées, « nous avons reconnu la même loi en comparant les mâchoires et les pattes admirablement compliquées des crustacés. » — « Tout le monde sait que la po-

sition relative des sépales, pétales, étamines et pistils d'une fleur, aussi bien que leur structure intime, s'explique dans la théorie qui les présente comme des feuilles métamorphosées, arrangées en spirale. Dans certaines monstruosités végétales, nous trouvons souvent la preuve directe qu'un organe peut se transformer en un autre; et nous pouvons voir effectivement chez des crustacés embryonnaires et chez beaucoup d'autres animaux, comme dans les fleurs, que des organes, qui deviennent très-différents quand ils sont complétement développés, se trouvent exactement semblables aux premières périodes du développement.... » « Pourquoi un crustacé qui a une bouche extrêmement complexe formée de tant de pièces, a-t-il en conséquence peu de pattes, ou bien pourquoi ceux qui ont beaucoup de pattes ont-ils une bouche simple? Pourquoi les sépales, pétales, étamines et pistils d'une fleur individuelle, bien qu'appropriés à des desseins très-différents, sont-ils tous construits sur le même modèle? »

A ces questions, à un nombre immense d'autres questions de même genre, la théorie de l'évolution fournit la seule réponse qui soit rationnelle. Dans le cours du changement de l'homogénéité à l'hétérogénéité de structure, manifesté dans l'évolution sous toutes les formes, il arrivera nécessairement que d'organismes composés de nombreuses parties semblables, il naîtra des organismes composés de parties de plus en plus dissemblables : lesquelles parties dissemblables continueront néanmoins à porter des marques de leur ressemblance primitive.

§ 135. Nous devons parler ici d'un fait morphologique plus frappant, très-voisin des faits dont nous nous sommes occupés dans le dernier chapitre, nous voulons dire l'exis-

tence fréquente, chez les animaux et les plantes adultes, d'organes rudimentaires et sans utilité, homologues d'organes développés et utiles chez des végétaux ou des animaux voisins. Dans le dernier chapitre nous avons vu que, durant le développement des embryons, il se forme souvent des organes qui disparaissent remplacés par d'autres qui accomplissent la même fonction d'une manière différente; et que quelquefois des organes se développent jusqu'à un certain point, et sont ensuite résorbés sans accomplir aucune fonction. Mais très-généralement, les organes partiellement développés persistent durant toute la vie.

L'ostéologie des vertébrés supérieurs nous en fournit de nombreux exemples. Les apophyses vertébrales qui, dans une tribu, sont complétement formées, et ossifiées sur des centres indépendants, sont, dans d'autres tribus, de simples tubercules qui n'ont point de centres d'ossification indépendants. Tandis que dans la queue de tel animal, les vertèbres sont chacune composées d'une partie centrale et d'appendices, dans la queue de tel autre ce sont de simples masses osseuses sans appendices; et dans celle d'un autre, elles ont perdu leur individualité en se soudant avec les vertèbres voisines pour former une queue rudimentaire. D'autres faits analogues se tirent encore de la structure des membres. L'état rudimentaire de certains os métacarpiens caractérise le groupe entier des mammifères. Ici, nous trouvons les doigts en nombre normal; là, en nombre plus petit avec un doigt atrophié qui le complète. Tantôt c'est un doigt avec le nombre complet des phalanges, tantôt c'est un doigt dont une phalange a subi un arrêt de développement. Plus remarquables encore sont les faits où des membres entiers restent à l'état rudimentaire; il y a des serpents qui ont les membres postérieurs cachés sous le tégument. De même, aussi, pour

les appendices cutanés. Des amphibiens à peau lisse ont les écailles enfouies dans la peau. Le phoque, mammifère modifié considérablement par son adaptation à la vie aquatique, et qui se sert de ses pattes comme de nageoires, a des orteils portant encore des ongles extérieurs; mais le morse mammifère encore plus transformé a des nageoires sans ongles, et Humboldt nous apprend que si l'on enlève la peau de ses nageoires on aperçoit des ongles rudimentaires au bout des doigts engagés dans la peau.

Presque tous les oiseaux sont couverts de plumes développées, composées chacune d'un tuyau portant des fibres qui portent à leur tour des franges de duvet. Cependant chez certains oiseaux comme l'autruche, on peut constater divers moments de l'arrêt du développement des plumes, depuis les plumes de la queue dont la structure présente une élaboration insolite jusqu'aux plumes voisines du bec qui sont réduites à de simples poils. Il y a plus encore. Chez l'aptéryx nous voyons toutes les plumes réduites à un état piliforme. Le poil à son tour qui couvre ordinairement le corps entier chez les mammifères, est comparativement rudimentaire sur la plus grande partie du corps humain; dans quelques parties, il se trouve réduit à un simple duvet, duvet qui n'en est pas moins l'homologue des poils chez la généralité des mammifères, puisque de temps en temps nous le voyons se développer et prendre cette forme. M. Darwin a donné une liste nombreuse de faits d'organes avortés; nous en citerons quelques-uns. « Quoi de plus naturel, dit-il, que de penser que les ailes ont été formées pour le vol, et pourtant dans combien d'insectes ne voyons-nous pas les ailes réduites à de si petites dimensions qu'ils sont incapables de voler, et même ne sont-elles pas très-souvent immobiles sous les élytres et soudées ensemble?...

Chez les plantes à sexes séparés, il n'est pas rare de trouver dans les fleurs mâles un pistil rudimentaire. Koelreuter a trouvé que lorsqu'on croisait ces plantes mâles avec une espèce hermaphrodite, le rudiment de pistil dans le produit hybride était considérablement augmenté de volume; ce qui montre que le rudiment de pistil et le pistil parfait sont de nature semblable. » Enfin, pour compléter la preuve que ces parties non développées sont des signes d'une origine qui remonte à des races où elles étaient développées, les exemples directs de cette relation ne sont pas en petit nombre. « Nos produits domestiques nous offrent en foule des cas d'organes rudimentaires, par exemple un moignon caudal dans les races sans queue, un vestige d'oreille dans les races sans oreilles, la réapparition de petites cornes peu adhérentes dans les races bovines sans cornes.

Ici, comme plus haut, la doctrine téléologique échoue complétement; car ces organes rudimentaires sont sans utilité et quelquefois même préjudiciables. La doctrine des plans typiques est également condamnée; en effet, si chez quelques membres d'un groupe, on peut découvrir des organes rudimentaires qui complètent le type général, dans d'autres ces organes ne sont pas représentés. Reste seulement la doctrine de l'évolution; et pour cette doctrine, ces organes rudimentaires n'offrent pas de difficulté. Au contraire, ces faits en sont les preuves les plus fortes.

§ 136. Ainsi donc les conséquences des principes généraux de la morphologie concourent au même résultat. L'unité de type, conservée en dépit des plus grandes dissemblances de forme et de genre de vie, s'explique comme un résultat d'une descendance soumise à des modifications; autrement elle demeure inexplicable. La ressemblance dé-

guisée par la dissemblance, que l'anatomie comparée découvre entre les divers organes du même organisme, n'ont absolument aucun sens, pour ne rien dire de plus, si l'on suppose que les organismes ont été formés séparément tels que nous les voyons maintenant; mais elles sont tout à fait en harmonie avec la croyance que chaque espèce d'organisme est un produit de modifications accumulées les unes sur les autres. Enfin la présence dans toutes les espèces d'animaux et de plantes, de parties sans fonction correspondant à des parties affectées à des fonctions chez des animaux et des végétaux voisins, est totalement incompatible avec la croyance à la construction des organismes par une intervention miraculeuse; de plus, elle est justement le résultat que nous pouvions attendre d'après la croyance que les organismes se sont formés progressivement.

CHAPITRE VII

ARGUMENTS TIRÉS DE LA DISTRIBUTION

§ 137. Nous avons étudié les phénomènes de distribution dans l'espace (§ 105 et 106). Les conclusions générales auxquelles nous avons abouti, basées en grande partie sur les faits réunis par M. Darwin, sont les suivantes. « D'une part, il y a des surfaces soumises à des conditions semblables et quelquefois très-rapprochées, et qui sont occupées par des faunes tout à fait différentes. D'autre part, il y a des surfaces éloignées en latitude, très-différentes par le sol et le climat, et qui sont occupées par des faunes très-voisines. » D'où l'on peut conclure que « puisqu'on ne trouve pas toujours, ni même généralement, des organismes semblables dans des habitats semblables, ni des organismes très-dissemblables dans des habitats très-dissemblables, l'adaptation des organismes aux habitats n'est pas manifestement prédéterminée. » En d'autres termes, les faits de distribution dans l'espace ne sont pas d'accord avec l'hypothèse du plan. En même temps nous avons vu que « les surfaces semblables peuplées par des formes dissemblables, sont celles entre lesquelles existe une barrière infranchissable, tandis que les surfaces dissemblables peuplées par

des formes semblables sont celles entre lesquelles il n'existe pas de barrière infranchissable ; et ces généralisations nous semblent en harmonie avec le principe vérifié par tant d'exemples « que chaque espèce d'organisme tend toujours à étendre sa sphère d'existence, à envahir d'autres régions, d'autres modes de vie, d'autres milieux. »

Afin de montrer plus clairement les effets de la compétition existante parmi les races d'organismes, qu'on me permette d'ajouter quelques faits publiés récemment d'usurpation de régions, et des changements de distribution qui en sont résultés. Dans la *Natural History Review* de janvier 1864, le docteur Hooker cite les faits suivants d'après des naturalistes de la Nouvelle-Zélande. « Vous serez surpris de l'extension rapide qu'ont prise dans ce pays les plantes d'Europe et d'autres contrées. De chaque côté des principales voies de communication à travers les plaines, pousse avec une vigueur merveilleuse une plante du genre *Polygonum* (*P. aviculare*), appelée trèfle des prés, ses racines s'enfoncent quelquefois à deux pieds de profondeur, et la plante recouvre une surface de quatre à cinq pieds de diamètre. Une plante du genre *Rumex* (*R. obtusifolius* ou *R. crispus*) se trouve dans tous les lits de rivières et s'étend dans les vallées ou rivières encaissées, jusqu'au point où elles deviennent de vrais torrents. Le *Sonchus oleraceus* s'étend sur tout le pays où il présente une végétation luxuriante environ jusqu'à 6000 pieds. Le cresson de fontaine s'accroît tellement dans les cours d'eau tranquilles de notre pays, qu'il menace de les obstruer entièrement... J'ai mesuré des tiges de douze pieds de long et de trois quarts de pied de diamètre. Dans certaines régions montagneuses, où le sol est léger, le trèfle blanc est en train de supplanter entièrement les herbes indigènes, en y formant une végétation épaisse.... En fait,

la jeune végétation indigène semble fuir la lutte avec ces envahisseurs plus vigoureux qu'elle. » — « Les naturels (Maoris) ont coutume de dire : que de même que le rat des blancs a expulsé le rat indigène, que la mouche d'Europe a fait fuir la mouche du pays et que le trèfle a fait périr les fougères indigènes, de même devant le blanc disparaîtront les Maoris. »

Étant donnée cette tendance universelle du supérieur à envahir les habitats de l'inférieur, voyons quels seront, dans l'hypothèse de l'évolution, les effets des relations géographiques des espèces.

§ 138. Une race d'organismes ne peut étendre sa sphère d'existence, sans se soumettre à des conditions extérieures nouvelles. Ceux de ses membres qui se répandent sur les régions adjacentes arrivent inévitablement en contact avec des circonstances en partie différentes de leurs circonstances antérieures; et ceux qui adoptent les habitudes d'autres organismes subissent nécessairement des réactions plus ou moins différentes de celles qu'ils subissaient auparavant. Or si des changements de structure organique sont les effets, directs ou indirects, de changements dans l'incidence des forces, il doit s'établir une différence de structure entre les divisions d'une race qui colonise de nouveaux habitats. Par suite, quand la migration ne rencontre pas d'obstacle, nous pouvons annoncer d'avance qu'il existe une parenté évidente entre les animaux et les plantes d'une région, et ceux d'une région contiguë. Cette conclusion s'accorde avec une induction que nous avons déjà formulée (§ 106). Nous avons déjà emprunté à M. Darwin des faits qui l'appuient, il y en a beaucoup d'autres. En voici un : les espèces qui habitent les îles sont d'ordinaire parentes des espèces qui habitent les continents voisins. En voici un autre : Les faunes des groupes d'îles

présentent des ressemblances marquées. « C'est ainsi que les îles de l'archipel des Galapagos sont habitées, dit M. Darwin, par des espèces très-proches parentes; en sorte que les habitants de chaque île, bien que distincts pour la plupart, sont bien plus voisins les uns des autres que des habitants de tout autre partie du monde. » M. Wallace a étudié « l'influence que la localité exerce sur la variation » chez les papillons de l'archipel des Indes orientales : il nous fait voir comment « les espèces et les variétés des Célèbes possèdent un caractère frappant, celui de la forme des ailes antérieures, qui diffère de celle des espèces et des variétés voisines dans toutes les îles environnantes; il nous apprend que les espèces à queue, de l'Inde et des îles orientales perdent leur queue, à mesure qu'elles se répandent à l'est dans l'archipel. » Pendant son voyage sur le haut Amazone, M. Bates a trouvé que la plus grande partie des espèces du genre *Ithomia* changeaient d'une localité à l'autre, à des distances qui ne dépassaient pas 100 ou 200 milles » ; que « plusieurs de ces espèces locales paraissaient former des variétés géographiques », et que dans quelques espèces « la plupart des variétés locales sont unies à la forme mère par des individus qui présentent toutes les nuances de la variation ».

Il y a d'autres affinités générales à inférer. Si des races, sous la pression incessante de la multiplication qui les pousse vers de nouveaux habitats, subissent des modifications de structure à mesure qu'elles divergent de plus en plus dans l'espace, il s'ensuit que, généralement parlant, les plus grandes divergences dans l'espace indiqueront les plus longues périodes durant lesquelles les descendants d'un tronc commun ont été soumis à des conditions modificatrices; par suite, on verra que parmi les organismes du même groupe les différences plus légères de structure seront

limitées aux surfaces plus petites. C'est ce que nous observons. « Les variétés, dit le Dr Hooker dans sa *Flore de Tasmanie*, occupent des territoires plus resserrés que les espèces, et celles-ci que les genres. » De plus, si les races d'organismes s'étendent, et si, à mesure qu'elles s'étendent, elles sont modifiées par des forces incidentes variables, il s'ensuit que, lorsque les forces incidentes varient beaucoup dans les limites de régions données, les modifications sont plus nombreuses que dans des régions d'égale étendue où les conditions sont moins variées. C'est encore ce qui arrive. Le Dr Hooker fait voir que les régions où règnent les conditions les plus uniformes sont celles qui ont le plus petit nombre d'espèces; tandis que, dans celles dont les conditions sont le plus multiformes, les espèces sont le plus nombreuses.

§ 139. Examinons maintenant si l'hypothèse de l'évolution correspond aux faits de distribution, non plus sur des surfaces différentes, mais à travers des milieux différents. Si toutes les formes d'organismes sont descendues de quelque forme primordiale très-simple, il en résulte que, par la raison que cette forme primordiale très-simple a habité un certain milieu différent des divers milieux que les organismes habitent aujourd'hui, ses descendants n'ont pu peupler d'autres milieux qu'en passant d'un milieu à un autre, c'est-à-dire sans s'adapter à des milieux très-différents du milieu primitif. Pour parler au concret, l'eau étant le milieu où les formes vivantes inférieures existent, il faut que la terre et l'air aient été colonisés par des êtres venus de l'eau. Cette hypothèse rencontre des difficultés considérables. « Un poisson, écrivait Baer, pour railler les partisans du développement unisérial des formes organiques, qui se sont, il est vrai, exposés au ridicule en défendant tant de propositions insoute-

nables — un poisson nageant vers le rivage désire s'y promener, mais il s'aperçoit que ses nageoires ne lui servent de rien. Ces organes diminuent de largeur faute d'usage, et en même temps s'allongent. Cela continue chez ses enfants et ses petits-enfants durant quelques millions d'années, et à la fin qui pourrait s'étonner que les nageoires deviennent des pattes? Il est encore plus naturel qu'un poisson, dans une prairie où il ne trouve pas d'eau, ouvre largement la bouche pour absorber de l'air, ce qui, après une aussi longue période, développe chez lui des poumons. La seule difficulté qu'il y ait, c'est qu'en attendant, quelques générations doivent s'arranger pour se passer de respirer. » Ainsi présentée, la théorie de la transition a un air grotesque, et cette manière de dériver les vertébrés terrestres d'une modification directe du type des poissons, est insoutenable. Nous ne devons pourtant pas conclure qu'il ne s'est fait aucune migration d'un milieu à un autre. La vérité est plus invraisemblable que la fiction, dit un adage qui s'applique aussi bien à la nature en général qu'aux affaires humaines. Outre le fait que certains poissons *font* réellement *des promenades* sans motif apparent, et celui que d'autres poissons courent çà et là sur la terre, quand ils y sont amenés par le dessèchement des eaux qu'ils habitent, il y en a un bien plus surprenant, c'est celui d'une espèce de poisson qui grimpe aux arbres. Il n'y a rien de plus impossible en apparence que le fait d'un animal à respiration aquatique, dépourvu de membres appropriés, et qui grimpe à huit ou dix pieds sur le tronc d'un palmier, et pourtant c'est ce que fait l'*Anabas scandens*. Nous avions déjà sur ce fait le témoignage du capitaine Mitchell, nous en avons eu récemment plusieurs autres. Ces exemples remarquables de changements temporaires de milieu nous préparent à concevoir comment, dans des

conditions spéciales, des changements permanents de milieu peuvent s'opérer, et à comprendre l'appui que ces faits prêtent à la doctrine de l'évolution.

Il arrive de temps en temps que certains animaux marins ou d'eau douce restent partiellement ou complétement à sec, et les animaux qui possèdent la faculté de changer de milieu pour un temps ou pour toujours, appartiennent le plus souvent aux espèces les plus susceptibles de se trouver abandonnées de leur milieu. Voyons ce que le rivage de la mer nous montre. Deux fois par jour, le flux et le reflux couvrent et découvrent des plantes et des animaux innombrables, fixes et mobiles; l'alternance des marées de syzygies et des marées de quadratures, a pour résultat de faire varier aussi bien la fréquence que la durée des moments pendant lesquels les organismes qui vivent sous l'eau sur le rivage, sont mis à sec, en sorte que les uns le sont seulement une fois par quinzaine pour très-peu de temps, et les autres, placés un peu plus haut, le sont pendant deux ou trois heures à chaque reflux, tous les quinze jours. De degrés en degrés, nous arrivons à ceux qui vivent à la limite du rivage, et qui ne sont baignés par l'eau salée qu'à de longs intervalles; et, plus loin encore, à ceux qui ne sont éclaboussés que pendant les tempêtes. Que voyons-nous se passer chez les organismes soumis à ces diverses alternatives régulières et irrégulières des milieux? Outre un bon nombre de végétaux et d'animaux fixés, nous trouvons beaucoup d'animaux qui se meuvent; quelques-uns sont confinés dans les zones inférieures de cette région littorale, mais d'autres la parcourent dans toute son étendue. Laissons les formes animales les plus humbles, et contentons-nous de remarquer que chacun des deux grands sous-règnes, les mollusques et les articulés, fournit un contingent aux animaux qui parcourent de

grands espaces dans cette région. Nous trouvons des gastéropodes qui, à marée basse, rampent à la façon des limaçons sur le sable et les varechs, même jusqu'à la limite des hautes eaux. Nous trouvons diverses espèces de crustacés, parmi lesquelles le crabe se fait le plus remarquer, courant sur le rivage humide et quelquefois hors de la portée de l'eau. Fait important à noter, chacune des formes qui sont habituées à changer ainsi de milieu, est parente de formes principalement ou exclusivement terrestres. Sur la côte orientale de l'Irlande, on trouve des gastéropodes marins sur les rochers à trois cents pieds au-dessus de la mer, où ils ne sont arrosés par l'embrun qu'à de longs intervalles. Sans doute, entre ces gastéropodes et ceux de terre, les différences sont considérables; mais les gastéropodes de terre sont plus proches parents de ceux de mer que des autres mollusques. Pareillement, les deux ordres supérieurs de crustacés ont leurs espèces qui vivent de temps en temps ou presque entièrement hors de l'eau : il y a à l'île Maurice une espèce d'écrevisse qui grimpe aux arbres; le crabe terrestre des Indes Occidentales quitte la mer quand il est parvenu à l'état adulte, et n'y retourne que pour frayer. Voyant donc que plusieurs espèces d'animaux marins sont exposés par leur habitat même à changer de milieu, que certaines espèces supérieures d'animaux qui vivent dans ces conditions se montrent bien adaptées aux deux milieux, et que ces espèces amphibies sont voisines d'espèces principalement ou complétement terrestres, nous reconnaîtrons que les migrations d'un milieu à un autre, que l'évolution suppose, ne sont point impraticables. Avec ces faits devant les yeux, nous ne trouverons plus sans fondement l'hypothèse que la distribution des vertébrés dans des milieux aussi différents que l'air et l'eau, peut s'être opérée d'une manière analogue, alors

même que nous n'aurions aucun indice direct de cette distribution. Nous en trouverons cependant d'assez directs. Sans doute les rivières, les lacs, les étangs n'ont pas de variation semblable aux marées, mais ces amas d'eau montent et baissent, régulièrement et irrégulièrement, modérément ou excessivement. Dans les régions tropicales surtout, on les voit chaque année pleins, durant un certain nombre de mois, puis baisser et se dessécher. Ce dessèchement peut parvenir à divers degrés et durer des temps variables, tantôt il va jusqu'à former une boue liquide, ou il réduit la boue à l'état solide avec une surface dure et crevassée; il peut durer d'un jour ou deux à plusieurs mois. Cela veut dire que des animaux aquatiques qui en un lieu sont sujets chaque année à manquer d'eau pendant quelque temps, sont ailleurs soumis à une privation d'eau pour beaucoup plus de temps : nous trouvons là des degrés de transition analogues à ceux que les marées nous présentent. Or on sait que les créatures qui habitent ces eaux, possèdent à divers degrés la faculté de lutter contre ces accidents. Les poissons s'enterrent dans la boue sèche quand la saison sèche arrive, ou courent chercher d'autres eaux. Des faits observés dans l'Inde, en Guyane, dans le Siam, à Ceylan, le prouvent. Certains de ces poissons, comme l'*Anabas scandens*, vivent plusieurs jours hors de l'eau. Mais c'est d'une classe de vertébrés voisine des poissons, qui peuplent à peu près spécialement ces habitats, que nous tirons les faits les plus probants. Les amphibiens ne se rencontrent pas, comme les poissons, habituellement dans les eaux qui ne sont jamais desséchées en partie ou en totalité : ils habitent presque tous des eaux qui, en certaines saisons, s'évaporent dans une grande mesure ou complétement, des eaux dans lesquelles la plupart des espèces de poissons ne sauraient exister. Et quels sont les principaux traits de struc-

ture de ces amphibiens? Ils ont deux systèmes respiratoires, un pulmonaire et un branchial, diversement développés dans les divers ordres; ils ont deux ou quatre membres, diversement développés aussi. De plus, la classe des amphibiens se compose de deux groupes : dans l'un, ce double système respiratoire est permanent et le développement des membres est toujours incomplet; dans l'autre, les branchies disparaissent dès que les poumons et les membres ont acquis leur plein développement. Le groupe inférieur, les pérennibranches, ont des organes homologues aux vessies natatoires des poissons, transformées à divers degrés en poumons, jusqu'à ce que dans « la sirène, la respiration pulmonaire soit plus étendue et plus importante que la branchiale ». Ces animaux ayant un habitat en partie aérien, en partie aquatique, trouvent au même moment dans les eaux basses, qui couvrent une boue molle, les conditions mécaniques qui rendent la natation difficile, et donnent de l'utilité aux membres rudimentaires. Dans le groupe supérieur, les caducibranches, nous rencontrons des transformations encore plus significatives. Pourvue d'abord d'une structure qui ressemble à celle qui persiste chez les pérennibranches, la larve de l'amphibien caducibranche mène quelque temps le même genre de vie; mais enfin, il se fait en elle des changements tendant au même but encore plus prononcés; la respiration aérienne, d'abord supplément de la respiration aquatique, l'emporte sur elle de plus en plus, jusqu'à ce qu'elle la remplace entièrement; une nouvelle paire de membres se montre. Cela fait, l'animal peut ne quitter l'eau que de temps en temps, comme le triton, ou mener une vie principalement terrestre, comme la grenouille, et retourner parfois à l'eau. Enfin, si nous cherchons sous quelles conditions cette métamorphose d'un animal à respiration aquatique en

un animal à respiration aérienne se complète, nous voyons que c'est au moment où les étangs peu profonds, habités par les larves, se dessèchent par l'effet du soleil d'été (1).

Voyons maintenant ce que veulent dire ces faits rapprochés les uns des autres. Il existe des habitats particuliers dans lesquels les animaux sont exposés à changer de milieu. Dans ces habitats existent des animaux qui ont, à divers degrés, la faculté de vivre dans les deux milieux, par suite de diverses phases de leur organisation de transition. Très-près de ces animaux, il en est d'autres qui, après avoir passé les premiers temps de leur vie dans l'eau, acquièrent plus complétement la structure qui les rend propres à la vie sur terre, où ils se transportent. Enfin, nous trouvons d'autres animaux très-proches parents des premiers, comme le crapaud de Surinam et la salamandre de terre, qui appartiennent bien par leur structure à la classe des amphibiens, mais qui n'ont point les habitudes amphibies; leurs larves ne passent pas les premiers temps de leur vie dans l'eau, et pourtant ne laissent pas pour cela de subir les mêmes métamorphoses! Faut-il penser que la distribution d'organismes parents dans des milieux différents présente une difficulté insurmontable? Au contraire, avec des faits comme ceux que nous avons devant nous, l'hypothèse de l'évolution fournit une interprétation possible de phénomènes d'ailleurs inexplicables. Imaginons la façon d'après laquelle ces changements de milieu se

(1) Pendant que ces pages étaient sous presse, le docteur Hooker a eu l'obligeance de me faire savoir que les « végétaux présentent plusieurs exemples excellents » de transitions analogues. Dans certaines « plantes aquatiques », dit-il, on a vu, dans la même espèce, des variétés dont certaines feuilles sont immergées et certaines autres surnagent, d'autres variétés où toutes les feuilles surnagent, et d'autres enfin où elles sont toutes submergées. On a vu encore que chez certaines plantes dont les feuilles surnagent, et surnagent toutes quand la plante croît dans des eaux profondes, il existe des feuilles aériennes lorsque la plante croît dans des eaux basses; et qu'ailleurs, sur un sol presque sec, on les trouve uniquement avec des feuilles aériennes.

trouvent dans certains cas peu à peu imposés à l'animal par les conditions physiques, et dans d'autres cas entrepris volontairement en vue de rechercher de la nourriture, et nous commencerons à comprendre comment, dans le cours de l'évolution, se sont produits ces bizarres effacements d'un type par les caractères extérieurs d'un autre type. Alors que nous voyons des oiseaux terrestres chercher quelquefois leur nourriture au bord de l'eau, et que nous apprenons que l'un d'eux, le *Cinclus aquaticus*, « membre anormal de la famille exclusivement terrestre des grives », ne vit que de la proie qu'il saisit en plongeant, ce qu'il fait en s'attachant aux pierres avec ses pattes et en se servant de ses ailes sous l'eau », nous nous trouvons en état de comprendre comment, sous la pression de la multiplication, des animaux organisés pour la vie aérienne peuvent acquérir des habitudes aquatiques, et comment peut se former un type d'oiseau où les caractères de l'oiseau sont très-déguisés. En voyant que certains mammifères, à la recherche de leur proie ou d'un abri, se sont mis à vivre dans l'eau plus ou moins, nous ne serons plus embarrassés de trouver la structure mammifère cachée sous une forme empruntée aux poissons, chez les cétacés par exemple. Partant de ce principe que les distributions d'organismes du genre de celles que nous voyons se faire sous nos yeux, par l'invasion des régions des milieux et des modes d'existence des uns par les autres, n'ont jamais cessé de s'opérer, nous trouvons l'explication de ces faits innombrables dans lesquels les homologies de structure se compliquent d'analogies. En même temps que ce principe explique la présence dans un milieu de types organiques essentiellement organisés pour un autre milieu, la doctrine de l'évolution explique aussi les défauts d'adaptation qu'on y constate. Ou le phoque descend de quelque mammifère qui a pris peu à

peu les habitudes aquatiques, et dans ce cas la structure de ses membres postérieurs a un sens; ou bien il a été constitué spécialement pour son habitat actuel, auquel cas la structure de ses membres postérieurs est incompréhensible.

§ 140. Les faits relatifs à la distribution dans le temps qu'on a cités avant tous les autres, aussi bien pour prouver l'évolution que pour la nier, sont trop isolés pour avoir une valeur concluante, soit pour, soit contre. Si l'histoire géologique était complète, ou si elle présentait, comme l'ont admis les partisans du système de l'uniformité aussi bien que ceux du système de la progression, des vestiges des premières formes organiques, la preuve qu'on en tirerait pour ou contre aurait plus de poids qu'aucune autre. Telle qu'elle est, tout ce que nous pouvons faire, c'est de voir si les faits isolés qui nous restent s'accordent avec l'hypothèse.

La paléontologie a fait voir qu'il y a « une relation générale entre le temps écoulé et la divergence des formes organiques » (§ 107), et que « cette divergence est comparativement lente et continue aux lieux où il y a continuité dans les formations géologiques; mais elle est soudaine et comparativement large, quand il se présente une grande brèche dans la succession des couches. » Or c'est justement à ce résultat que nous devrions nous attendre. L'hypothèse implique des changements de structure qui ne sont pas brusques, mais graduels. Par suite, dans les lieux où la similitude des couches est le signe d'une formation ininterrompue, nous pouvons nous attendre à trouver des successions de formes différant entre elles très-légèrement, au lieu que nous pouvons raisonnablement prévoir des différences considérables entre les formes fossilisées dans des couches adjacentes, entre lesquelles il existe évidemment une grande lacune.

La disparition permanente d'espèces, de genres et d'ordres, fait que nous trouvons assez bien établi, est de ceux que la doctrine de l'évolution nous incline à croire. Si les dernières formes organiques sont dans tous les cas descendues des premières, et se sont pendant la succession des générations, écartées aussi bien de leurs prototypes que les unes des autres, il en résulte évidemment que celles de ces formes qui se sont éteintes à quelque époque que ce soit, ne reparaîtront plus à une époque subséquente, puisque le concours et la succession de conditions sous lesquelles chaque type particulier s'est formé par évolution ne sauraient plus se produire.

Bien que la comparaison des formes organiques anciennes et modernes prouve qu'un grand nombre de types ont persisté durant d'énormes périodes de temps; on a reconnu que cette comparaison ne contredit pas l'existence dans ces formes organiques de changements assez grands pour produire ce qu'on appelle des types différents. Le résultat de la science inductive est, comme nous l'avons vu, que tandis qu'un petit nombre de types supérieurs modernes portent des signes attestant qu'ils descendent de types inférieurs anciens, qu'il y a plusieurs types modernes qui *peuvent* s'être développés ainsi, quoique nous n'en ayons aucune preuve, il faut que « toute hypothèse de modification progressive soit, pour être admissible, compatible avec la persistance sans progression pendant des périodes indéfinies. » Or ces résultats sont tout à fait d'accord avec l'hypothèse de l'évolution. Rationnellement interprétée, l'évolution doit dans tous les cas se montrer le résultat, direct ou indirect, de l'incidence des forces. S'il n'y a pas de changement dans les conditions qui imposent des changements organiques, il ne faut pas s'attendre à rencontrer des changements organiques. C'est seulement dans les organismes qui tombent sous des conditions

dont l'influence produit les modifications supplémentaires qui répondent à des besoins supplémentaires, que l'on rencontre l'hétérogénéité plus avancée, qui sert de caractère aux formes supérieures. Par suite, bien que les faits de la paléontologie ne puissent passer pour des preuves de l'évolution, ils concordent avec cette théorie, et quelques-uns même lui servent d'appui.

§ 141. Cependant il est un principe général de distribution dans le temps qui est extrêmement significatif. Si, au lieu de considérer les relations des formes vivantes du passé en elles-mêmes, nous considérons les relations qu'elles soutiennent avec les formes actuelles, nous trouvons un rapport en harmonie parfaite avec la croyance à l'évolution, mais tout à fait incompatible avec une autre croyance.

Remarquez d'abord la grande signification de l'étroite parenté qui existe entre les agrégats d'organismes actuellement vivants et les agrégats d'organismes qui ont vécu dans les temps géologiques. Dans les couches de formation nouvelle, presque tous les restes fossiles appartiennent aux espèces encore florissantes. Les couches un peu plus anciennes contiennent un petit nombre de fossiles aujourd'hui éteints, bien que d'ordinaire ces espèces soient très-ressemblantes à des espèces qui vivent encore. Des restes trouvés dans les couches à une date plus récente, les espèces éteintes forment une plus grande proportion, et les différences entre elles et celles qui vivent encore sont bien plus marquées. Cela veut dire que le changement graduel des types organiques dans le temps, qui se trouve indiqué, comme nous l'avons vu, par l'histoire géologique, l'est aussi par la relation que les types actuels soutiennent avec ceux de l'époque précédente. Les faits concordent avec la croyance qui fait dériver la vie présente de la vie passée. Assurément cette parenté

n'est pas incompatible avec la doctrine des créations spéciales. On peut soutenir que si de temps en temps une nouvelle espèce mieux appropriée aux conditions un peu modifiées de la surface du globe se trouvait introduite dans la série, il en résulterait un air de famille entre la faune et la flore actuelle et les faunes et les flores anciennes. On ne saurait le contester. Mais si nous passons du point de vue général aux détails de cette parenté, cette opinion se trouve complétement niée.

En effet, outre une parenté étroite entre l'agrégat de formes survivantes et l'agrégat des formes qui ont péri à des époques géologiques récentes, il y a une relation particulière de même nature entre les formes présentes et passées de chaque grande région géographique. Nous avons déjà emprunté à Darwin un fait instructif : « l'étonnante relation dans le même continent entre le mort et le vivant ». Ce rapport ne s'explique pas par la supposition que les espèces nouvelles ont été de temps en temps placées dans chaque habitat, à mesure que l'habitat se trouvait modifié; puisque, comme nous l'avons vu, les espèces sont loin de se trouver toujours dans les habitats auxquels elles sont le mieux adaptées. On ne saurait dire que les marsupiaux enfouis dans les couches récentes de l'Australie, s'étant éteints parce qu'ils n'étaient plus adaptés à quelque condition externe nouvelle, les marsupiaux existants furent créés conformément au milieu ambiant, puisque d'autres animaux que l'on trouve ailleurs sont tellement appropriés aux conditions australiennes, qu'une fois introduits en Australie, ils ne tardent pas à en expulser les marsupiaux. Donc, tandis que la similitude existante entre la faune australienne actuelle et les faunes qui l'ont précédée immédiatement sur la même surface, est précisément celle que la croyance à l'évolution nous permet d'attendre; cette similitude ne saurait s'expliquer autrement. Il en est de même des rapports analogues qu'on obser-

ve dans l'Amérique du Sud, la Nouvelle-Zélande et l'Europe.

§ 142. En conséquence, étant donnée la pression qu'une espèce exerce sur une autre par suite de la surcharge universelle de leurs habitats respectifs; étant donnée la tendance qui en résulte pour ces espèces d'envahir les régions, les milieux, les modes de vie les unes des autres, suivant les lignes de moindre résistance qu'elles rencontrent de temps en temps; étant donnés les changements des modes de vie qui en découlent et les autres changements que les modifications physiques d'habitats nécessitent; étant données les modifications de structure produites directement ou indirectement dans les organismes par des conditions modifiées, nous avons tout ce qu'il faut pour expliquer les faits de distribution dans l'espace et le temps. La divergence et la redivergence des formes organiques que les résultats de la classification et ceux de l'embryologie représentent, sont aussi représentés par ceux de la distribution. Si l'aptitude à se multiplier, à s'étendre, à se séparer, à se différencier, que les races humaines ont montrée de tout temps, est une tendance commune aux races en général, comme nous avons bien des raisons de le croire, elle aura pour résultat l'espèce de relation que nous observons aujourd'hui entre les espèces, les genres et les ordres qui peuplent la surface de la terre. L'identité remarquable de type que l'on découvre entre les organismes habitant un milieu et les organismes singulièrement modifiés qui en habitent un autre, devient du même coup compréhensible. L'apparition et la disparition d'espèces que les archives de la géologie nous attestent, comme aussi les relations entre les groupes d'espèces qui se sont succédé depuis les temps primitifs jusqu'à nos jours, cessent d'être inexplicables.

CHAPITRE VIII

CAUSE DE L'ÉVOLUTION ORGANIQUE

§ 143. Déjà nous avons eu besoin de parler des causes de l'évolution organique en termes généraux, et maintenant nous sommes prêt à les étudier en particulier. La tâche que nous avons à remplir consiste à déduire les faits généraux de l'évolution organique des mêmes principes premiers auxquels l'évolution en général se conforme.

Mais, avant de l'entreprendre, il sera instructif de jeter un coup d'œil sur les théories que l'on a proposées de temps à autre pour expliquer l'évolution organique.

§ 144. Il semble que la théorie qui fait naître les plantes et les animaux de tous genres d'une évolution graduelle, n'ait été associée d'abord qu'à la plus vague conception de cause, ou mieux, qu'elle n'ait été associée à aucune conception de cause, mais seulement à la forme vide d'une conception. Un des premiers naturalistes qui aient prétendu dans les temps modernes (1735) que les organismes sont indéfiniment modifiables, et que, grâce aux modifications qu'ils subissent, ils s'adaptent aux divers modes d'existence, fut Maillet. Mais, quoique Maillet supposât que tous les êtres vivants sont

nés par une méthode naturelle continue, il ne paraît pas avoir eu une idée nette de la cause qui détermine cette méthode. En 1794, Érasme Darwin donna, dans sa *Zoonomia*, des raisons, dont plusieurs sont solides, qui portent à croire que les êtres organisés de tous genres sont descendus d'un seul germe primordial ou d'un petit nombre de germes primitifs; et tout en rapportant quelques causes de modification qu'on peut observer et qu'il signale comme des adjuvants de l'opération du développement, il paraît l'attribuer en partie à une tendance départie au germe ou aux germes une fois créés. Il fait entendre qu'il est possible « que tous les animaux à sang chaud soient sortis d'un filament vivant, que LA GRANDE CAUSE PREMIÈRE aurait doué d'animalité, ainsi que de la faculté d'acquérir de nouvelles parties, pourvues de penchants nouveaux, dirigées par des irritations, des sensations, et des volitions d'états mentals; de sorte qu'elle possédât la faculté de continuer à se perfectionner par sa propre activité native. » Dans ce passage nous voyons qu'Érasme Darwin admettait que l'évolution est prédéterminée par quelque activité intrinsèque. « Il est curieux de voir, dit M. Charles Darwin, que mon grand-père conçut avant Lamarck les bases erronées de l'opinion et des idées de ce naturaliste. » Une de ses conjectures consistait à attribuer le développement à quelque tendance inhérente. « Le plan général de la nature, et sa marche uniforme dans ses opérations est, selon Lamarck, la cause de la progression évidente qui existe dans la composition de l'organisation des animaux, » et « la *gradation* régulière qu'ils devraient offrir dans la composition de leur organisation devient, d'après lui, irrégulière par l'effet de causes secondaires. La conception émise dans l'ouvrage intitulé *Vestiges de la création* fut essentiellement de même genre, encore que d'une forme dif-

férente. L'auteur de ce livre prétend « que les diverses séries des êtres animés, depuis le plus simple et le plus ancien jusqu'au plus élevé et au plus récent, sont de par la providence de Dieu, les résultats, *d'abord*, d'une impulsion communiquée aux formes de la vie, qui les fait avancer, à des époques définies, par génération, à travers des degrés d'organisation aboutissant aux dicotylédones et aux vertébrés supérieurs ; » et que la progression qui résulte de ces impulsions se trouve modifiée par certaines autres causes. La profonde différence générale qui sépare les formes inférieures et supérieures de la vie, sont considérées par lui comme dues à une aptitude innée à donner naissance à des formes de structure plus parfaites. Le dernier qui a reproduit cette doctrine fut le professeur Owen, qui affirme « l'axiome de l'opération continue de la puissance créatrice ou du devenir ordonné des choses vivantes ». Bien que ces expressions très-générales ne suggèrent pas une idée très-définie, elles impliquent pourtant la croyance que le progrès organique est le résultat d'une certaine tendance intime au développement, surnaturellement imprimée sur la matière vivante au début, quelque force constructive toujours agissante qui, demeurant indépendante des autres forces, modèle les oganismes en des formes de plus en plus supérieures.

De quelque formule qu'on se serve, ou de quelque expression qu'on déguise sa croyance, il est antiphilosophique d'attribuer l'évolution organique à une aptitude que les organismes posséderaient naturellement, ou qui leur serait conférée miraculeusement. C'est une de ces explications qui n'expliquent rien, qui façonnent l'ignorance sur le modèle de la connaissance. La cause qu'on assigne n'est pas une cause assimilable à une cause connue, à une cause qui pourrait

partout produire des effets analogues. C'est une cause qui ne saurait être représentée dans la pensée : une de ces conceptions symboliques illégitimes qu'aucune opération mentale ne saurait transformer en une conception réelle. Bref, cette hypothèse d'une puissance formatrice persistante, inhérente aux organismes, en vertu de laquelle ils passent en se développant à des formes supérieures, n'est pas plus soutenable que celle des créations spéciales : elle n'en est, il est vrai, qu'une modification, et n'en diffère que par ce qu'elle fond en une opération continue et inconnue des opérations isolées et inconnues.

§ 145. Avec cette tendance interne vers le progrès qui aurait été primitivement imprimée sur eux, Érasme Darwin accordait aux animaux une aptitude a être modifiés par des opérations mises en jeu par leurs propres désirs. Il parle de facultés « excitées à l'action par les besoins des créatures qui les possèdent et dont leur existence dépend » ; et plus particulièrement il ajoute que « de leur premier rudiment ou primordium jusqu'à la terminaison de leur vie, tous les animaux subissent des transformations perpétuelles, produites en partie par leurs propres actes, en conséquence de leurs désirs et de leurs aversions, de leurs plaisirs et de leurs peines, ou bien d'irritations, ou d'associations, d'esprit ; et beaucoup de ces formes ou propriétés acquises se transmettent à leur postérité. » Outre que ce passage formule une croyance en faveur de laquelle il y aurait bien à dire, il implique l'hypothèse que les désirs et les aversions, existant avant l'expérience des actions auxquelles elles se rattachent, donnent naissance à ces actions, et par conséquent aux modifications de structure que ces actions causent. Dans sa *Philosophie zoologique*, Lamarck affirme d'une façon

bien plus catégorique que « le *sentiment intérieur* » est dans toutes les créatures possédant un systéme nerveux développé, une cause indépendante des changements de forme dus à l'exercice des organes. Lamarck distingue ce sentiment intérieur de l'*irritabilité* simple que possèdent les animaux inférieurs qui ne saurait produire ce que nous appelons désir ou émotion, et soutient que ces derniers, comme tous ceux « qui manquent de système nerveux, ne vivent qu'à l'aide des excitations qu'ils reçoivent de l'extérieur. » « Je reconnus, dit-il ensuite, que la nature, obligée d'emprunter des milieux environnants la *puissance excitatrice* des mouvements vitaux et des actions des animaux imparfaits, sut, en composant de plus en plus l'organisation animale, transformer cette puissance dans l'intérieur même de ces êtres, et qu'à la fin, elle parvint à la mettre à la disposition de l'individu. » Il soutient d'une façon encore plus nette que si l'on eût considéré « la *progression* qui se révèle dans la composition de l'organisation »....., « on eût pu apercevoir comment les *besoins* d'abord réduits à nullité, et dont le nombre ensuite s'est accru graduellement, ont amené le penchant aux actions propres à y satisfaire; comment les actions, devenues habituelles et énergiques, ont occasionné le développement des organes qui les exécutent. »

Or, quoique cette conception de Lamarck soit exprimée d'une façon plus précise, bien mieux élaborée et appuyée sur une connaissance plus étendue des faits, elle est au fond la même que celle d'Érasme Darwin; elle contient la même vérité et aussi la même erreur, mais plus nettement prononcée. Notons seulement que les désirs ou les besoins, agissant directemennt seulement sur le système névro-musculaire, ne sauraient avoir aucune influence directe sur un

très-grand nombre d'organes, tels que les viscères ou les appendices extérieurs comme les poils et les plumes. Observons, de plus, que certaines parties qui appartiennent à l'appareil de l'action externe, comme les os du crâne ne sauraient croître par l'effet de l'accroissement de fonction provoqué par le désir. Il nous suffira ensuite de montrer que la difficulté n'est point résolue, mais simplement effleurée par l'introduction des besoins ou des désirs comme cause indépendante de l'évolution. Il est vrai, sans doute, comme Érasme Darwin et Lamarck le prétendent, que les désirs, en provoquant l'accroissement de l'action des organes moteurs, peuvent donner lieu à un plus grand développement de ces organes; il est vrai, probablement, que les modifications qui résultent de cette cause se transmettent aux rejetons, mais il n'en reste pas moins une question qui n'est pas résolue. D'où naissent ces désirs? Dire comme Lamarck que le pouvoir excitant passe de l'extérieur à l'intérieur, c'est faire une pétition de principe. Comment se fait-il qu'il vienne un désir de faire une action qui, jusqu'alors, n'avait pas été faite? Tant qu'un certain profit, résultat de certains mouvements, n'a pas été senti, qu'est-ce qui peut suggérer de faire ces mouvements? Tout désir consiste d'abord en une représentation mentale de la chose désirée, et, ensuite, en une représentation mentale des actions, à l'aide desquelles cette chose se trouve réalisée; or, ces représentations mentales de la fin et des moyens impliquent l'expérience préalable de la fin et l'emploi préalable des moyens. Supposer que, dans le cours de l'évolution, il se forme de temps en temps de nouveaux genres d'actions dictées par de nouveaux désirs, c'est tout simplement reculer la difficulté.

§ 146. Les changements des conditions externes sont comptés par Darwin au nombre des causes de modification des organismes. Il donne comme une preuve de la communauté d'origine la ressemblance marquée du type que l'on observe chez les animaux, et regarde les différences par lesquelles ils s'éloignent les uns des autres comme des effets de leurs manières de vivre, ces différences étant purement des moyens d'adaptation. A propos des dispositions des animaux pour se procurer de la nourriture, « toutes, dit-il, paraissent avoir été peu à peu produites pendant un grand nombre de générations par l'effort constant de ces animaux pour satisfaire leur besoin de nourriture, et avoir été transmises à leur postérité, améliorées d'une façon constante en vue de ce but. » Il croit que les animaux qui possèdent ces diverses dispositions sont devenus dissemblables parce qu'ils ont cherché leur nourriture par des voies différentes. En exemple des altérations opérées par le changement des circonstances, il cite les caractères acquis des animaux domestiques. Lamarck a élaboré dans les détails la même idée, au service de laquelle il a mis avec une grande loyauté la connaissance étendue qu'il avait du règne animal. D'après un passage de l'*Avertissement*, il semblerait, à première vue, qu'il considère l'adaptation directe à de nouvelles conditions comme la principale cause de l'évolution. « Je regardai, dit-il, comme certain que le *mouvement des fluides* dans l'intérieur des animaux, mouvement qui s'est progressivement accéléré avec la composition plus grande de l'organisation, et que l'*influence des circonstances nouvelles* à mesure que les animaux s'y exposèrent en se répandant dans tous les lieux habitables, furent les deux causes générales qui ont amené les différents animaux à l'état où nous les voyons actuel-

lement (1). » Mais ailleurs il paraît exprimer une idée toute différente. « Dans sa marche, dit-il, la nature a commencé et recommence encore tous les jours par former les corps organisés les plus simples; » et « les premières ébauches de l'animal et du végétal étant formées dans les lieux et les circonstances convenables, les facultés d'une vie commençante et d'un mouvement organique établi ont nécessairement développé peu à peu les organes, et avec le temps elles les ont diversifiés ainsi que les parties. Alors, se prononçant encore davantage, il met en italiques cette proposition : « *La progression dans la composition de l'organisation subit, cà et là, dans la série générale des animaux, des anomalies opérées par l'influence des circonstances d'habitation, et par celle des habitudes contractées.* » Ces passages et d'autres encore rapprochés de son système général de classification, ont montré clairement que Lamarck concevait la modification adaptative non pas comme la cause de la progression, mais comme celle de ses irrégularités. La tendance générale que possèdent les organismes à prendre en se développant des formes plus parfaites, aurait, suivant lui, pour résultat une série uniforme de formes, mais la variété des conditions auxquelles ils sont soumis introduit dans la structure des divergences qui la rompent et donnent lieu à des groupes. Toutefois, il ne laisse pas de ranger ces groupes dans un ordre rectiligne et les considère comme constituant au fond une série ascendante.

§ 147. Ces considérations, si grossières qu'elles paraissent, attestent une grande sagacité chez leurs auteurs respectifs, et ont rendu de grands services. Sans doute elles ne con-

(1) Lamarck, *Philosophie zoologique*, édit. du professeur Ch. Martins, 1873. *Avertissement*, p. 5.

tiennent pas la vérité sous une forme exacte, mais elles en renferment une ébauche. Ce n'est pas directement, mais par des approximations successives que l'humanité arrive à des conclusions correctes; et quand des hommes ont une fois pensé dans la bonne voie, si lâches que soient leurs raisonnements, si loin du but que portent leurs conclusions, ils n'en fournissent pas moins un secours indispensable en formant des conceptions provisoires et en imprimant une tendance à la recherche scientifique.

Comparée aux dogmes de son époque, l'idée de Maillet fut un grand progrès. Avant d'en venir à constater comment des êtres organisés se sont peu à peu développés par évolution, il faut commencer par arriver à la conviction qu'ils se sont développés peu à peu par évolution; or cette conviction, il y est arrivé. Les notions grossières qu'il se faisait du mode d'action des forces naturelles dans la production des plantes et des animaux, ne doivent pas nous faire oublier le mérite de l'intuition qu'il a eue que les animaux et les plantes *ont été* produits par des causes naturelles. Dans la courte exposition d'Érasme Darwin, la croyance à une genèse progressive d'organismes, se présente accompagnée d'une interprétation d'une netteté et d'une consistance considérables. En dix pages, non-seulement il indique plusieurs classes principales de faits qui appuient l'hypothèse de l'évolution, mais il contribue à éclaircir l'opération de l'évolution. Ses raisonnements nous présentent un mélange inconscient de la croyance à une tendance surnaturellement imprimée à l'organisme qui le porte au développement, avec la croyance à un développement provenant de la variation d'incidence des conditions. S'il eût poussé cette étude plus avant, il est probable que la dernière croyance eût pris de l'importance aux dépens de la première.

Lamarck, en élaborant cette conception générale a donné une plus grande précision et à la vérité et à l'erreur qui y sont contenues. Affirmant les mêmes facteurs imaginaires et les mêmes facteurs réels, il a suivi en détail leurs actions prétendues, et il s'est en conséquence engagé dans un plus grand nombre de conclusions insoutenables. Mais si, en essayant de concilier les faits avec une théorie qui n'est qu'une esquisse de la vérité, il s'est exposé aux critiques de ses contemporains, il s'est montré supérieur à ses contemporains en ce qu'il a vu que l'évolution s'est faite, qu'elle qu'en ait été la cause. Si ses contemporains ont été sages en n'acceptant pas une théorie qui ne parvient pas à expliquer une grande partie des faits, il ne l'ont pas été quand ils ont méconnu que la théorie de Lamarck contenait une vérité fondamentale, puisqu'elle s'accordait jusqu'à un certain point avec les faits.

Laissons donc de côté les facteurs imaginaires d'évolution que ces spéculations mettent en avant, et considérons seulement le seul facteur réel qu'Érasme Darwin et Lamarck fassent connaître pour expliquer certains phénomènes. Il est manifeste, à notre point de vue actuel, que ce facteur, en tant que cause d'évolution, est une cause prochaine, non une cause première. Quand on dit que l'adaptation fonctionnelle aux conditions produit, soit l'évolution en générral, soit les irrégularités de l'évolution, on soulève une question nouvelle, celle de savoir s'il y a une adaptation fonctionnelle à des conditions; et pourquoi l'usage et le non-usage engendrent des changements appropriés de structure. Cette explication de l'évolution biologique, pas plus que les autres qui reposent simplement sur la base d'une induction biologique, n'est une explication définitive. L'induction biologique a besoin elle-même d'être interprétée. Tant que l'opé-

ration de l'évolution des organismes n'est pas rattachée à celle de l'évolution en général, on ne saurait dire avec vérité qu'elle est expliquée. Ce qu'il est nécessaire de prouver, c'est que les divers résultats de l'évolution biologique sont des corollaires des premiers principes. La tâche qui nous incombe consiste à concilier les faits avec les lois universelles de la redistribution de la matière et du mouvement.

CHAPITRE IX

FACTEURS EXTERNES DE L'ÉVOLUTION

§ 148. Quand nous avons fourni des exemples du rhythme du mouvement (*Premiers principes*, § 83) nous avons fait remarquer qu'indépendamment de l'alternance des quantités de lumière et de chaleur que chaque portion de la surface de la terre reçoit du soleil, il y a d'autres alternances qui demandent des époques immensément plus grandes pour s'accomplir. Nous avons dit que « chaque planète, durant une longue période, présente au soleil une plus grande partie de son hémisphère nord que de son hémisphère sud au moment où elle en est le plus rapprochée ; et ensuite, durant une période semblable, elle présente plus de son hémisphère sud que de son hémisphère nord : le retour périodique de ces coïncidences qui, dans quelques planètes, ne cause pas d'altération sensible de climat, comprend pour la Terre une époque de 21 000 ans, pendant laquelle chaque hémisphère parcourt un cycle de saisons tempérées et de saisons excessives en froid et en chaud. » En outre, nous avons montré qu'il existe une variation de cette variation. Le rhythme lent des climats tempérés et intempérés, qui prend pour se compléter une durée de 21 000 ans, subit

même une exagération et un adoucissement durant des époques bien plus longues. L'orbite de la Terre change lentement de forme : tantôt il s'approche du cercle, tantôt il devient plus excentrique. Durant la période où l'orbite terrestre a sa plus faible excentricité, les climats tempérés et intempérés, qui répètent leur cycle en 21 000 ans, sont chacun moins tempérés et moins intempérés que lorsque, quelque deux millions d'années plus tard, l'orbite du globe a atteint le même degré d'excentricité.

Ainsi, outre les variations quotidiennes dans les quantités de lumière et de chaleur que reçoivent les organismes, auxquelles répondent des variations dans les fonctions des organismes, et, outre les variations annuelles dans les quantités de lumière et de chaleur que reçoivent les organismes, auxquelles répondent aussi des variations dans leurs fonctions, il y a des variations qui se complètent en 21 000 ans, et d'autres en quelques millions d'années, variations auxquelles doivent correspondre aussi des changements dans les fonctions des organismes. Les règnes végétal et animal tout entiers sont soumis à un rhythme de quadruple composition dans l'incidence des forces dont la vie dépend originellement, rhythme si compliqué dans sa lente révolution, qu'à aucun moment de l'une de ces immenses périodes, l'incidence des forces ne saurait être exactement la même qu'à un autre moment. Aux effets divers que ces combinaisons produisent sur les organismes, il faut ajouter des effets ndirects bien plus importants. Il doit en résulter des changements de distribution. Il y a même des redistributions occasionnées par les variations annuelles des quantités des rayons solaires reçus par chaque partie de la surface de la terre. Tout le monde connaît les migrations d'oiseaux qui en résultent.

Il y a aussi des migrations de poissons : dans certains cas, ils passent d'une partie de la mer à une autre, et, dans d'autres, de l'eau salée à l'eau douce. Or, dans la mesure exacte où les changements annuels dans la somme de lumière et de chaleur qui tombe sur chaque localité, étendent ou restreignent chaque année les habitats de beaucoup d'organismes qui sont capables de se mouvoir en tous sens avec rapidité, ce retour alternant de climats tempérés et intempérés doit produire l'extension et la réduction des habitats. Ces réductions, encore que lentes, seront universelles; elles affecteront les habitats des organismes stationnaires aussi bien que ceux des organismes mobiles. En effet, si durant une ère astronomique, il se fait sur la limite de l'habitat d'un végétal une diminution du froid de l'hiver ou de la chaleur de l'été, qui avait auparavant arrêté l'extension de ce végétal à cette limite; les végétaux individus ont beau être fixés, l'espèce fera un mouvement : les semences des plantes vivant sur la limite produiront des individus qui survivront au delà de la limite. Après que l'extension graduelle qui s'effectue de la sorte aura continué pendant quelque dix mille ans, le changement opposé de climat commencera à causer une retraite. Pendant une moitié de la période, la marée de l'espèce portera lentement son flux dans des régions nouvelles et ensuite ramènera son reflux en deçà. De plus, cette hausse et cette baisse des marées de chaque espèce subiront durant de plus longues périodes des hausses et des baisses croissantes, et puis des hausses et des baisses décroissantes. Il y aura un retour alternant de marées de syzygies et de marées de quadratures, correspondant par la durée de sa période au changement d'excentricité de l'orbite terrestre.

Les rhythmes astronomiques font donc subir aux orga-

nismes des changements incessants dans l'incidence des forces dans les deux sens : ils les soumettent directement aux variations d'influences solaires, de manière que chaque génération se trouve un peu différemment affectée dans ses fonctions; et elles amènent indirectement des changements compliqués dans les forces environnantes, en mettant chaque espèce en présence de nouvelles conditions physiques.

§ 149. La puissance que les actions géologiques possèdent de modifier partout les circonstances dans lesquelles les végétaux et les animaux sont placés, est évidente. Dans chaque localité, de nouveaux dépôts apparaissent par l'effet lent de la dénudation, et, par la même cause, les surfaces des dépôts déjà mis à nu changent lentement. En même temps les couches alluviales qui se forment, sont affectées qualitativement par ces changements progressifs dans la nature et les proportions des couches mises à nu. L'inclinaison des surfaces et leur direction par rapport au soleil se trouvent en même temps changées, et les organismes qui existent à leur surface subissent par là un changement continu de leurs conditions de chaleur, aussi bien que de leur dessèchement. L'action ignée vient aussi compliquer ces modifications graduelles. Une région plate ne peut se transformer pas à pas en une protubérance, sans subir des changements climatériques dissemblables dans ses diverses parties, par l'effet de leur exposition à des directions différentes. Les éjections de trapp partout où elles se produisent, révolutionnent les localités, et sur les surfaces couvertes et sur celles au-dessus desquelles leur détritus demeure. Partout où des volcans se forment, les cendres qu'ils rejettent modifient le caractère du sol sur de grandes surfaces environnantes.

Pareillement les changements dans la croûte du globe sont

cause que l'Océan ne cesse de soumettre les organismes qu'il contient à de nouvelles combinaisons de conditions. Ici, c'est l'eau qui devient plus profonde par l'effet d'un affaissement du sol, et là, moins profonde par un soulèvement. D'un côté, le dépôt des sédiments apportés par les grands cours d'eau du voisinage élève le fond de la mer; de l'autre, la violence habituelle des marées emporte le sédiment déjà déposé. Le caractère minéral de la surface submergée sur laquelle poussent les plantes marines et campent les mollusques, subit partout de temps en temps des changements, tantôt par l'ablation de couches encore intactes d'un rivage adjacent, tantôt par l'accumulation de débris organiques, tels que des coquilles de ptéropodes ou de foraminifères. Une nouvelle série de changements dans le milieu des organismes marins résulte des changements dans les mouvements de l'eau. Chaque modification dans les contours des rivages voisins fait varier la direction ou la vitesse des courants des marées, ou les deux à la fois. La température locale s'élève de temps en temps ou s'abaisse, parce que certain réarrangement de la croûte du globe accompli à une grande distance, a produit une déviation des courants circulants d'eau chaude et d'eau froide qui traversent l'Océan.

Ces changements d'origine géologique qui modifient le caractère physique de chaque milieu se montrent en des combinaisons toujours nouvelles et avec une complexité toujours croissante. Ainsi que nous l'avons déjà vu (*Premiers principes*, § 158), il résulte de la loi de la multiplication des effets, que durant de longues périodes, chaque région de la surface du globe augmente en hétérogénéité et de forme et de substance. Par suite, plantes et animaux de tous genres se trouvent, dans le cours des générations, soumis par l'effet de ces changements dans la croûte de la terre, à des systèmes

de forces incidentes qui diffèrent des systèmes antérieurs, à la fois par les changements dans les proportions des facteurs, et de temps en temps par l'addition de nouveaux facteurs.

§ 150. Les variations dans les conditions astronomiques, combinées avec des variations dans les conditions géologiques, amènent des variations dans les conditions météorologiques. Les alternances extrêmement lentes d'élévation et d'affaissement qui se passent très-probablement sur d'immenses surfaces, produisant tantôt un continent où il y avait jadis un océan d'une profondeur insondable, et causant tantôt l'extension de mers immenses en des régions où, dans une époque depuis longtemps passée, s'élevaient des montagnes couvertes de neige, ces alternances causent graduellement des changements atmosphériques. Tant que les parties supérieures d'une surface émergée de la croûte du globe, existent encore à l'état de groupe d'îles, les plantes et les animaux qui, dans le cours du temps, se transportent sur ces îles, y trouvent des climats particuliers aux petites étendues de terre environnées de grandes étendues d'eau. Comme, par l'effet de soulèvements successifs, de plus grandes étendues de terre se trouvent mises à nu, des différences sensibles entre les états de leurs parties périphériques et ceux de leurs parties centrales commencent à s'établir : les brises de mer et de terre qui modèrent chaque jour les excès de température près des côtes, cessent d'affecter l'intérieur des terres, et l'intérieur dont les courants océaniques qui baignent le littoral ne tempèrent plus la chaleur ou le froid, prend plus nettement les caractères de sa propre latitude. Quand de nouveaux soulèvements unissent les membres de l'archipel pour en faire un

continent, de nouveaux changements météorologiques apparaissent, en même temps que les anciens se prononcent davantage. Les vents, qui avaient une direction et une durée relativement constante quand il n'existait que des îles, se trouvent distribués d'une façon très-compliquée et extrêmement différente dans les diverses parties du continent. Les quantités de pluie qu'ils font tomber et d'humidité qu'ils absorbent, varient partout suivant la proximité de la mer et les surfaces terrestres qui possèdent des caractères spéciaux.

D'autres complications résultent des variations d'altitude au-dessus de la mer : l'altitude produit, en effet, une diminution de chaleur et par suite un accroissement dans la précipitation de l'eau, précipitation qui prend la forme de neige quand l'altitude est très-grande et de pluie quand elle l'est moins. L'accumulation des nuages et la chute d'ondées autour des sommets de montagnes est un fait que les touristes connaissent à merveille. Les études que l'on a faites dans des vallées voisines prouvent qu'à une distance d'un ou deux milles, les orages ne reviennent pas avec la même fréquence ni avec la même violence. Bien plus, dans ces régions, les conditions météorologiques varient à quelques mètres de distance : témoin la manière dont les vapeurs condensées tourbillonnent sur un des côtés d'un roc escarpé, tandis qu'à l'autre côté le temps demeure clair; témoin encore l'irrégularité de la limite des neiges qui s'arrêtent à des hauteurs si différentes, dans toutes les vallées secondaires, dans les ravins et les plis de chaque versant.

Les variations climatériques d'origine géologique composant leurs effets avec celles qui résultent des lents changements astronomiques, et nulle correspondance n'existant entre les rhythmes géologiques et astronomiques, il en

résulte que le même système compliqué d'actions ne reparaît plus. Par suite, les forces incidentes auxquelles les organismes de chaque localité sont exposés par des causes atmosphériques ne cessent d'entrer dans des combinaisons sans analogues, et ces combinaisons deviennent, en somme, toujours plus complexes.

§ 151. Outre les changements dans l'incidence des forces inorganiques, il y a des changements également continus et encore plus compliqués dans l'incidence des forces que les organismes exercent les uns sur les autres. Comme nous l'avons dit (§ 105), les végétaux et les animaux de chaque localité se trouvent enlacés dans un réseau si étroit de relations, que toute modification considérable que subit une espèce agit indirectement sur un grand nombre d'autres espèces, et finit par changer, dans une certaine mesure, le milieu de presque toutes les autres. Si une augmentation de chaleur, une modification du sol, une diminution de l'humidité, est cause qu'une certaine espèce de végétaux prospère ou décline, il en résulte un effet défavorable ou favorable sur toutes les espèces végétales rivales qui ne sont pas immédiatement influencées de la même manière. Les animaux qui vivent de graines, ou qui broutent les feuilles de la plante affectée en premier lieu, ou des plantes qui lui font concurrence, se trouvent tous affectés dans l'état de leur nutrition et dans leur nombre; ce changement porte surtout sur les divers animaux de proie et les parasites. Comme chacun de ces changements secondaires et tertiaires devient lui-même un centre d'autres changements, l'accroissement ou le décroissement de chaque espèce produit des ondes d'influence qui s'étendent, se répercutent et se rerépercutent dans la totalité de la flore et la faune de la localité.

Plus prononcés et plus multipliés encore sont les effets ultimes des causes qui permettent la colonisation des surfaces voisines. Chaque végétal ou chaque animal qui fait invasion, outre les nouvelles conditions inorganiques auxquelles il se trouve soumis, est sujet à des conditions organiques très-différentes de celles auxquelles il est habitué. Il a à lutter contre des organismes différents de ceux de son habitat antérieur. Il doit se préserver d'ennemis qu'il n'avait pas encore affrontés, ou il va rencontrer une espèce sur laquelle il a un avantage plus grand qu'aucun de ceux qu'il avait sur l'espèce avec laquelle il était auparavant en contact. Quand même l'émigration ne le mettrait pas face à face avec de nouveaux compétiteurs, ou de nouveaux ennemis, ou une proie nouvelle, il fait l'épreuve que les proportions de ces compétiteurs, de ces ennemis, de cette proie sont changées. De plus, une espèce qui s'étend ne peut guère manquer d'envahir plus d'une région adjacente. S'étalant au nord et au midi, elle arrive au milieu de plantes et d'animaux, tantôt dans une région plate, tantôt dans une région accidentée, ici dans un pays de l'intérieur, là dans une bande baignée par la mer. Tandis que divers groupes de ses membres s'exposeront aux actions et aux réactions des flores et des faunes différentes, ces flores et ces faunes différentes auront simultanément leurs conditions changées par les envahisseurs.

Cette opération devient peu à peu plus active et plus compliquée. Bien que, dans des cas particuliers, un végétal ou un animal puisse entrer avec les êtres qui vivent autour d'eux en des relations plus simples que celles où ils étaient placés auparavant, il est évident qu'en moyenne, les milieux organiques des organismes ont acquis plus d'hétérogénéité. Comme le nombre des espèces avec lequel chaque espèce est directement ou indirectement en relation se multiplie,

chaque espèce est plus souvent soumise à des changements dans les actions organiques qui l'influencent. Ces changements plus fréquents deviennent tous de plus en plus compliqués, et les réactions correspondantes affectent des faunes et des flores plus étendues par des moyens de plus en plus complexes et variés.

§ 152. Quand nous examinons les causes astronomiques, géologiques, météorologiques et organiques à l'œuvre dans chaque espèce d'organisme et que nous les voyons devenir plus compliquées en elles-mêmes et en même temps coopérer de manières toujours plus ou moins nouvelles, nous reconnaissons que, dans le cours du temps, les organismes ont été exposés à des sensations sans fin de causes modificatrices qui acquièrent peu à peu une complexité à peine concevable. On peut dire que chaque espèce de plante et d'animal passe sans cesse dans un nouveau milieu, subit perpétuellement un changement de ses relations avec les circonstances externes, soit par les changements de ces circonstances par rapport à la plante ou à l'animal quand ils restent stationnaires, soit par les changements de la plante ou de l'animal quand ils changent de localité ou par les deux causes à la fois.

Il existe pourtant une nouvelle cause de changement et de complication progressives. Toutes choses égales d'ailleurs, toute faculté nouvelle qui met un organisme en relation avec des objets extérieurs, comme toute amélioration dans cette faculté, devient un moyen de soumettre l'organisme à un plus grand nombre et à une plus grande variété d'excitants extérieurs et à de nouvelles combinaisons d'excitants intérieurs. De sorte que chaque progrès dans la complexité d'organisation devient une nouvelle cause de complexité dans l'incidence des forces externes.

Encore une fois, tout accroissement de la faculté locomotrice des animaux augmente à la fois la multiplicité et la multiformité des actions des choses sur eux et de leurs réactions sur les choses. Ce qui double l'activité d'un animal, quadruple la surface sur laquelle il peut étendre ses excursions, et augmente par suite le nombre de l'hétérogénéité des agents externes qui agissent sur lui durant un laps de temps donné.

Les actions de ces divers ordres de facteurs, en se composant, produisent une progression géométrique de changements, croissant avec une rapidité immense. Alors s'élève avec une égale rapidité la fréquence avec laquelle les combinaisons des actions sont modifiées et la complexité de leur coopération est augmentée.

CHAPITRE X

FACTEURS INTERNES DE L'ÉVOLUTION

§ 153. Nous avons vu, en commençant, que la matière organique se compose de molécules d'une si extrême instabilité que la plus légère variation de leurs conditions détruit leur équilibre, et leur fait prendre des structures modifiées ou les fait entrer en décomposition. Mais une substance, plus que toutes les autres modifiable par les actions et les réactions des forces dégagées de moment en moment dans sa propre masse, doit être une substance modifiable plus que toutes les autres par les forces qui viennent du dehors agir sur elle. Si les agrégats organiques sont disposés, par leur composition, à subir avec une facilité et une rapidité particulières, ces redistributions de matière et de mouvement d'où résultent une organisation sous forme d'individu et la vie, il faut que leur composition les mette aussi en état de subir les redistributions permanentes qui s'expriment par des changements de structure en correspondance avec des redistributions permanentes de matière et de mouvement dans leur milieu.

Déjà dans les *Premiers principes*, quand nous avons étudié les phénomènes d'évolution en général, nous avons

exposé brièvement les caractères dominants et les causes principales des changements qui constituent l'évolution organique. Pour chacune des lois secondaires qui règlent le passage d'un état homogène incohérent, indéfini, à un état hétérogène cohérent, défini, nous avons donné des exemples tirés des métamorphoses des corps vivants. Maintenant, il sera nécessaire d'examiner les diverses opérations qui en résultent comme se produisant à la fois et dans les individus et dans l'espèce.

§ 154. Comme nous supposons que l'évolution organique en général a commencé par la matière organique individuelle, nous devons nous rappeler d'abord que l'état d'homogénéité est un état instable (*Premiers principes*, § 149). Dans tout agrégat « il y a un côté externe et un côté interne, et de ce que ces côtés ne sont pas également près des sources d'action voisines, il résulte qu'ils reçoivent des influences inégales par la qualité ou la quantité, ou par l'une et l'autre à la fois; il résulte aussi que des changements différents doivent se produire dans les parties qui sont influencées diversement. » Plus loin, nous ajoutions : « Si un tout donné, au lieu d'être partout absolument uniforme, se compose de parties qu'on peut distinguer les unes des autres, si chacune de ces parties, en devenant un peu différente des autres, reste uniforme en elle-même, il s'ensuit que, chaque partie étant en équilibre instable, les changements opérés en elle doivent la rendre plus multiforme, et que par suite l'ensemble devient encore plus multiforme qu'auparavant; » et ensuite « que l'état par lequel nous commençons soit ou ne soit pas l'homogénéité parfaite, l'opération n'en marche pas moins nécessairement vers une hétérogénéité relative. » Cette perte d'homogénéité que l'instabilité spéciale des agrégats organiques

les met en état de faire plus promptement et plus diversement que tous les autres agrégats, doit s'opérer selon des manières bien plus nombreuses dans la proportion où les forces incidentes sont plus nombreuses. Toute différenciation de structure étant le résultat de quelque différence dans les relations des parties avec les causes qui agissent sur elles, plus ces causes seront multipliées et dissemblables, plus variées seront les différenciations opérées. Il en résulte que la gravitation qui conduit d'un état d'homogénéité à un état d'hétérogénéité se montrera clairement dans la mesure où le milieu sera complexe. La transition d'un état uniforme à un état multiforme doit continuer à travers une série d'individus. Étant donnée une série d'organismes dont chacun se développe aux dépens d'une portion d'un organisme précédent, la question se réduit à savoir si, après que la série est demeurée exposée pendant un million d'années à des forces incidentes variantes, un de ses membres sera tel qu'il serait si les forces incidentes venaient seulement de varier. L'affirmer, ce serait nier la persistance de la force. Par rapport aux causes de divergence, la série entière de ces organismes peut être considérée comme ne formant qu'un seul organisme continuellement existant, et alors il devient manifeste qu'une cause continuellement agissante continuera de produire un effet continuellement croissant jusqu'au moment où quelque cause antagoniste viendra s'opposer à un nouvel effet.

Mais maintenant si quelque agrégat organique primordial doit en lui-même ou par ses descendants, graviter de l'uniformité vers la multiformité, pour obéir à des forces plus ou moins multiformes qui agissent sur lui, que doit-il arriver si ces forces multiformes ne cessent elles-mêmes de subir des variations et des complications lentes? Il est clair que

l'opération qui s'avance toujours vers une limite fixée temporairement, mais dont la limite recule toujours, doit se continuer sans interruption. Aux changements de structure opérés dans l'agrégat jadis homogène par un groupe primitif de forces incidentes, viendront se superposer de nouveaux changements opérés par un groupe modifié de forces incidentes; et ainsi de suite dans la durée des temps. Laissant de côté pour le moment des circonstances qui peuvent mettre obstacle à ces conséquences ou les restreindre, nous devons reconnaître l'instabilité de l'homogène comme une cause toujours agissante d'évolution organique aussi bien que de toute autre évolution.

Si, d'une part, il s'ensuit que chaque organisme, considéré comme individu et comme membre d'une série, tend à passer à un état plus hétérogène; il s'ensuit, d'autre part, que chaque espèce considérée comme un agrégat d'individus tend à faire la même chose. Dans toute l'étendue de la région qu'il habite, les conditions ne sauraient être absolument uniformes : il faut que ses membres, en différentes parties de la région, soient exposés à différents systèmes de forces incidentes. Encore plus tranchée doit être cette différence d'exposition quand ses membres se répandent en d'autres habitats. Les forces expansives et régressives qui imposent à chaque espèce une limite perpétuellement oscillante en deçà et au delà d'une certaine ligne moyenne, sont, comme nous venons de le voir, fréquemment changées par de nouvelles combinaisons des facteurs externes, astronomiques, géologiques, météorologiques et organiques. Par suite, il se rencontre de temps en temps des lignes où la résistance est diminuée, le long desquelles l'espèce s'écoule dans de nouvelles localités. Les portions de l'espèce qui émigrent ainsi sont soumises à des circonstances en con-

traste marqué avec les circonstances moyennes au milieu desquelles elle vivait. De la multiformité des circonstances doit sortir la multiformité de l'espèce.

Ainsi donc la loi de l'instabilité de l'homogène a un triple corollaire. Rapprochée des changements toujours progressants, toujours se compliquant, qui s'opèrent dans les facteurs externes, elle nous conduit à la conclusion qu'il doit y avoir une tendance prédominante vers l'hétérogénéité dans tous les genres d'organismes, considérés et individuellement et dans les générations successives; aussi bien que dans chaque assemblage d'organismes constituant une espèce, et par conséquence, dans chaque genre, dans chaque ordre et dans chaque classe.

§ 155. Quand nous avons étudié les causes de l'évolution en général, nous avons vu encore (*premiers Principes*, § 156) que la multiplication des effets contribue sans cesse à accroître l'hétérogénéité dans laquelle tombe inévitablement l'homogénéité. Nous avons fait voir que, puisque « les diverses parties d'un agrégat sont diversement modifiées par une force incidente; » et que « par suite des réactions des parties qui subissent ces modifications différentes, la force elle-même doit se diviser en fractions modifiées différemment, » il s'ensuit que « chaque division différenciée de l'agrégat devient un centre d'où une division différenciée de la force originelle est de nouveau diffusée. Enfin, puisque des forces dissemblables doivent produire des résultats différents, chacune de ces forces différenciées doit produire dans tout l'agrégat une nouvelle série de différenciations. » Nous avons ajouté que, dans la proportion où l'hétérogénéité augmente, les complications qui naissent de cette multiplication d'effets deviennent plus prononcées; puisque plus

les parties d'un agrégat sont fortement différenciées, plus différentes doivent être leurs réactions sur les forces incidentes, et plus dissemblables doivent être les groupes secondaires d'effets que font naître ces forces incidentes modifiées, et puisque tout accroissement dans le nombre de parties dissemblables accroît le nombre de ces forces incidentes différenciées et de ces groupes secondaires d'effets.

Comment la multiplication des effets concourt avec l'instabilité de l'homogène pour reproduire une multiformité croissante de structure dans un organisme, nous l'avons déjà fait voir; et les pages qui précèdent en contiennent d'autres exemples. Dans le chapitre intitulé *Adaptation* (§ 69), nous avons montré qu'un changement dans une fonction doit agir et réagir sur le reste en y produisant des perturbations toujours plus compliquées, et qu'en définitive, toutes les parties de l'organisme doivent être modifiées dans leur état. Supposé que la tête d'un mammifère devienne beaucoup plus pesante, quel en sera le résultat indirect? Les muscles du cou devront travailler davantage; les vertèbres de cette région auront à supporter des tensions et des pressions supplémentaires, causées, d'une part, par l'augmentation du poids de la tête, et, d'autre part, par l'accroissement des contractions des muscles qui supportent la tête et qui la meuvent. Les muscles affectent aussi leurs points d'attache : plusieurs apophyses dorsales supportent des efforts plus considérables; et les vertèbres auxquelles elles sont fixées sont soumises à de plus dures épreuves. De plus, cette tête plus lourde et le cou plus massif qu'elle nécessite demandent un point d'appui plus fort : la totalité de la voûte thoracique et les membres antérieurs qui la supportent sont soumis à des pressions continues et à des chocs accidentels plus violents. Il est nécessaire que le train de devant possède plus

de force, et cela ne saurait avoir lieu sans que le centre de gravité soit changé, et que les membres de derrière subissent des réactions différentes durant la locomotion. Qu'on compare les formes du bison avec celles de son congénère, le taureau, et l'on verra nettement jusqu'à quel point une augmentation du poids de la tête affecte le système osseux et le système musculaire tout entier. Outre cette multiplication d'effets mécaniques, il y a une multiplication d'effets physiologiques. L'appareil musculaire tout entier est modifié par chaque modification considérable dans les proportions du corps. Un accroissement dans le volume d'un organe implique une réaction quantitative et souvent qualitative sur le sang, et change par là la nutrition de tous les autres organes. Nous trouvons des exemples de ces rapports de corrélation physiologique dans les nombreuses différences qui accompagnent la différence de sexe. Ce qui montre que les particularités sexuelles secondaires sont le résultat d'actions et de réactions physiologiques, c'est qu'elles ne sont que faiblement marquées jusqu'au moment où des organes essentiellement distinctifs se développent, et que lorsque le développement de ceux-ci se trouve empêché, elles ne prennent pas naissance. Il n'est, je pense, pas besoin d'autre preuve que dans un organisme individuel ou ses descendants, une nouvelle action interne doit, outre le changement interne primaire qu'elle opère, effectuer d'autres changements secondaires, et aussi des changements tertiaires encore plus nombreux. La tendance vers une hétérogénéité plus grande qui se trouve communiquée à un organisme par une perturbation de son milieu, se trouve aidée par la tendance qu'a toute modification à en produire d'autres, lesquelles doivent devenir plus nombreuses à mesure que les organismes deviennent plus complexes. Enfin nous ne

devons pas omettre de citer, parmi les manifestations indirectes et compliquées de cette tendance, les innombrables petites irrégularités de structure qui résultent du croisement d'individus dissemblablement modifiés. Nous avons montré (§§ 89, 90) que les changements qu'on appelle « variations spontanées » peuvent s'expliquer comme résultats des combinaisons variées, des changements opérés dans diverses lignes d'ancêtres par diverses conditions de vie. Ces effets encore plus complexes et plus nombreux sont donc des exemples nouveaux de la multiplication des effets.

Pareillement dans l'agrégat d'individus qui constitue une espèce, la multiplication des effets devient la cause continuelle de la multiformité croissante. La dissolution d'une espèce en variétés divergentes donne naissance à de nouvelles combinaisons de force qui tendent à produire de nouvelles divergences. Les variétés nouvelles entrent en compétition avec l'espèce mère d'une façon nouvelle; et ajoutent ainsi de nouveaux éléments au milieu. Elles modifient un peu les conditions des autres espèces qui vivent dans leur habitat, où dans l'habitat desquelles elles se sont introduites; et les modifications qui s'opèrent dans ces autres espèces deviennent des sources nouvelles de causes modificatrices. La flore et la faune de chaque région sont unies par le réseau de leurs relations de manière à former un tout dont aucune partie ne saurait être affectée sans affecter le reste. Par suite, chaque différenciation introduite dans l'assemblage des espèces d'une certaine localité devient la cause de nouvelles différenciations dans cet assemblage.

§ 156. Un des principes universels auquel nous avons vu que la redistribution de la matière et du mouvement se conforme, c'est que, dans un agrégat composé d'unités mé-

langées, les forces incidentes produisent une ségrégation, c'est-à-dire séparent les unités dissemblables et unissent les unités semblables. Nous avons vu que l'accroissement de l'intégration et de la nature définie qui caractérise chaque partie d'un agrégat organique en évolution, comme de tout autre agrégat, résulte de ce principe (*Premiers principes*, § 166). Il nous reste à faire voir que, tandis que les actions et les réactions qui s'opèrent entre les organismes et leurs milieux toujours changeants, ajoutent à l'hétérogénéité des structures organiques, elles donnent aussi à l'hétérogénéité une forme de plus en plus définie. A première vue, on pourrait tirer une conclusion opposée. On pourrait soutenir qu'une nouvelle série d'effets opérée dans un organisme par une nouvelle série de forces externes doit tendre plus ou moins à effacer les effets déjà produits, c'est-à-dire doit produire une confusion ou un manque de formes définies. Un moment d'examen dissipera cette impression.

Sans doute la condition sous laquelle seule la forme définie de la structure peut être acquise par une partie d'un organisme, soit dans un individu, soit dans les générations successives, c'est que telle partie soit exposée à tel système de forces suffisamment constantes; et sans doute des changements continuels de circonstances viennent déranger l'action de cette condition. Mais ce dérangement ne saurait jamais être considérable. En effet, la structure préexistante d'un organisme l'empêche de vivre sous des conditions nouvelles autres que celles qui sont compatibles avec les caractères fondamentaux de son organisation, c'est-à-dire celles qui soumettent ses organes essentiels à des actions qui sont au fond les mêmes qu'auparavant. De grands changements doivent le tuer. Par suite, il ne peut continuellement s'exposer, lui et ses descendants, qu'à des change-

ments modérés qui ne détruisent pas l'harmonie générale entre l'agrégat des forces incidentes et l'agrégat de ses propres fonctions, c'est-à-dire qu'il doit rester soumis à des influences de nature à rendre de plus en plus marquée la netteté des principales différenciations déjà produites. Si, par exemple, nous partons d'un animal qui possède une colonne vertébrale rudimentaire avec le système musculaire qui en dépend, il est clair que les arrangements mécaniques sont devenus par là tellement déterminés que les modifications subséquentes devront très-probablement, sinon certainement, se conformer à la condition de produire des mouvements par l'action de muscles sur un axe central flexible. Par suite, il y aura continuellement une grande ressemblance dans le jeu des forces auxquelles l'axe central flexible est soumis; et alors, nonobstant les métamorphoses que subit le type vertébré, les conditions favorables à l'accroissement de la nature définie et de l'intégration de la colonne vertébrale seront conservées. Bien plus, la conservation de ces conditions devient certaine à mesure que l'organisation progresse. Tout accroissement de complexité de structure, impliquant un accroissement de complexité dans les relations entre l'organisme et son milieu, doit tendre à spécialiser les actions et les réactions entre cet organisme et son milieu, c'est-à-dire tendre à accroître la force avec laquelle il reste limité aux milieux qui comportent les actions et les réactions spéciales auxquelles sa structure le rend propre, ou bien il doit garantir la continuation des actions et des réactions auxquelles ses organes essentiels répondent, et par conséquent la continuation de l'opération de ségrégation.

Il suffit d'indiquer brièvement comment dans chaque espèce considérée comme un agrégat d'individus, se forment des contrastes de plus en plus prononcés entre les *variétés*

divergentes qui résultent de l'instabilité de l'homogène et de la multiplication des effets. Déjà nous avons montré (*Premiers principes*, § 166) que, conformément à la loi universelle d'après laquelle les unités mêlées sont séparées par des forces incidentes semblables, il se produit entre les variétés des distinctions de plus en plus définies, partout où se rencontrent des systèmes de conditions auxquelles les variétés sont respectivement soumises.

§ 157. Il est possible qu'au cours de ce chapitre, mes lecteurs aient pensé que l'argumentation prouve trop. La difficulté qui peut les embarrasser consiste en ce que le passage d'une homogénéité indéfinie, incohérente, à une hétérogénéité définie, cohérente, dans les agrégats organiques doit s'être accomplie universellement, tandis que, dans un grand nombre de cas, il y a eu persistance sans progression. Toutefois cette difficulté apparente n'est pas réelle.

En effet, bien que tous les milieux à la surface de la terre subissent des changements, et quoique d'ordinaire les organisations contenues dans chaque milieu ne puissent échapper à certaines influences nouvelles, il y a de temps en temps des influences qui sont évitées par la survie de l'espèce dans les parties de son habitat qui ne sont pas changées, ou parce qu'elle se répand dans des habitats voisins que le changement a rendus semblables à son habitat originel, ou par les deux causes. Il n'est pas probable que tout changement dans la température d'un climat, ou son degré d'humidité, affecte simultanément la totalité de la région occupée par une espèce ; de plus, il ne peut guère manquer d'arriver que l'addition ou la soustraction de chaleur ou d'humidité, donne à une partie d'une région voisine un climat semblable à celui auquel l'espèce était habituée. De plus, si le

milieu d'une espèce est modifié par l'intrusion d'une certaine espèce de végétaux ou d'animaux, il s'ensuit, les envahisseurs n'occupant probablement pas l'habitat tout entier, que l'espèce demeurera dans une ou plusieurs localités sans subir leur influence. Chez les habitants de la mer surtout, il doit arriver souvent des cas où les causes modificatrices sont continuellement éludées. Comme les conditions physiques auxquelles la mer expose ses habitants sont très-uniformes, il est possible à ceux qui vivent d'une substance alimentaire répandue sur une vaste étendue de s'étendre au loin : et les membres d'une espèce qui occupe un grand espace ne sont pas tous soumis à la même cause. Le plus commun de nos cirrhipèdes, par exemple, qui vit de petits animaux dispersés partout dans la mer, n'ayant d'autre besoin que celui d'une surface solide pour y bâtir sa coquille, auquel les animaux voisins ne font guère courir de danger, est susceptible de vivre sur des rivages si éloignés les uns des autres que presque tous les changements dans les actions des forces incidentes doivent frapper des régions plus petites que celle que l'espèce occupe. Par conséquent, dans presque tous les cas, une portion de l'espèce survivra sans subir de modification. Ses germes, facilement transportés, prendront possession des habitats nouveaux rendus plus appropriés par le changement qui a rendu des parties de son habitat primitif moins appropriée. Par suite, dans les occasions diverses qui se présentent plus tard, tandis que certaines parties de l'espèce sont légèrement transformées, une partie peut esquiver d'une manière certaine la transformation, en émigrant çà et là où les simples conditions nécessaires à son existence se rencontrent à peu près dans les mêmes combinaisons qu'auparavant. C'est ainsi qu'il lui devient possible de survivre avec des change-

ments de structure relativement légers pendant de longues périodes géologiques.

§ 158. Les résultats auxquels nous nous trouvons conduits sont les suivants.

Conformément aux différentes quantités et espèces de forces auxquelles ses diverses parties sont exposées, tout agrégat organique, comme tous les autres agrégats, tend à passer de sa simplicité indistincte primitive à une complexité plus distincte. A moins de nier la persistance de la force, nous devons admettre que la gravitation de la structure d'un organisme d'un état homogène indéfini vers un état homogène défini, doit accumuler ses effets dans les générations successives, si les forces qui la causent continuent à agir. Pour des raisons analogues, l'ensemble croissant des individus qui naissent d'un tronc commun est aussi exposé à perdre son uniformité primitive; et dans les générations successives, à prendre une multiformité beaucoup plus prononcée.

Ces changements, qui n'auraient qu'une faible étendue si les organismes étaient exposés à des conditions externes constantes, sont entretenus par les changements continuels survenus dans des conditions externes et produits par des causes astronomiques, géologiques, météorologiques et organiques. Il en résulte en général, qu'à des complications de structure antérieures dues à des forces incidentes antérieures, de nouvelles forces incidentes ne cessent de superposer de nouvelles complications. Par suite, il se forme simultanément une hétérogénéité croissante dans la structure des individus, dans la structure de l'espèce et dans la structure de la flore et de la faune de la Terre.

Mais tandis que, dans un grand nombre de cas, ou dans

la plupart, l'incidence toujours changeante des forces ne cesse d'ajouter à la complexité des organismes et à la complexité du monde organique considéré comme un tout, elle n'a cet effet qu'aux endroits où son action ne saurait être éludée. Puisque, par la migration, il est possible pour l'espèce de se conserver dans des conditions assez constantes, il doit y avoir un certain nombre de cas où il ne se produit pas une plus grande hétérogénéité de structure.

Unissant ces trois propositions, nous arrivons à une conclusion qui paraît être d'accord avec les faits. Nous trouvons que la progression résulte non d'une tendance spéciale inhérente aux corps vivants, mais d'un effet moyen général de leur relation avec les causes ambiantes. Au contraire, nous ne sommes pas mis en demeure de supposer qu'il existe dans les organismes un penchant primitif qui les porte à se développer continuellement sous des formes plus hétérogènes; nous voyons qu'une aptitude au développement naît des actions et des réactions entre les organismes et leurs milieux variables. Enfin, nous reconnaissons que l'existence d'une cause de développement suppose la non-production du développement aux endroits où cette variation d'actions et de réactions n'entre pas en jeu.

Toutefois il ne suffit pas de montrer qu'il doit se produire une certaine tendance à la formation d'agrégats plus hétérogènes. On peut très-bien convenir que les agrégats soient rendus plus hétérogènes par les changements survenus dans les forces incidentes, sans recevoir pour cela la forme particulière d'hétérogénéité nécessaire à l'accomplissement des fonctions de la vie. Par suite, il reste à rechercher comment la production et la conservation de cette forme particulière d'hétérogénéité se trouve assurée.

CHAPITRE XI

ÉQUILIBRATION DIRECTE.

§ 156. Tout changement tend nécessairement à établir l'équilibre des forces, et nécessairement ne peut cesser tant que la balance des forces n'est pas atteinte. Quand nous avons traité de l'équilibration au point de vue général (*Premiers principes*, IIe Partie, chap. XXII) nous avons vu que, dans tout agrégat possédant des mouvements composés, il y a une tendance continuelle à établir un équilibre mobile; puisqu'une force non équilibrée à laquelle un agrégat est soumis, si elle n'est pas de nature à détruire l'agrégat complètement, doit continuer à en modifier l'état jusqu'à ce qu'un équilibre soit produit. Nous avons vu que la structure à laquelle on arrive en même temps doit être « une structure présentant un arrangement de forces qui contre-balance toutes les forces auxquelles l'agrégat est soumis », puisque « aussi longtemps qu'il reste une force dans une direction, que ce soit un excès d'une force exercée par l'agrégat sur son milieu, ou d'une force exercée par le milieu sur l'agrégat, l'équilibre n'existe pas, et par conséquent la redistribution de matière et de mouvement doit continuer. »

Il est essentiel en ce moment de bien comprendre ce prin-

cipe; et, pour en assurer la pleine intelligence, il convient d'en donner de nouveau des exemples. Celui du système solaire est le plus propre à nous servir. Nous y trouvons un assemblage de corps dont chacun a ses mouvements, simples et composés, qui alternent chacun entre deux extrêmes, et dont la totalité a ses perturbations compliquées, qui tantôt croissent et tantôt décroissent. Supposons qu'une nouvelle force s'introduise dans cet équilibre mobile, soit par l'arrivée de quelque masse errante, soit par une quantité de mouvement ajoutée à l'une des masses déjà existantes, qu'arrivera-t-il? Si le corps étranger ou la force surajoutée sont très-considérables, ils pourront déranger le système entier au point de causer le rapprochement de ses parties; ses mouvements rhythmiques détruits, l'équilibre mobile pourrait se changer rapidement en un équilibre complet. Mais qu'arriverait-il si la force incidente qui tombe de dehors sur le système se trouvait insuffisante pour le détruire? Il se produirait un groupe de perturbations qui, dans le cours d'un énorme laps de temps, reproduiraient lentement un équilibre mobile modifié. Les effets primitivemeut imprimés sur les masses adjacentes, et à un plus faible degré sur les masses plus éloignées, se compliqueraient bientôt des effets secondaires que les masses dérangées imprimeraient les unes sur les autres, et ceux-ci se compliqueraient eux-mêmes d'effets tertiaires. Des ondes de perturbations continueraient à se propager dans tout le système, jusqu'à ce qu'autour d'un nouveau centre de gravité se fût établi un nouveau système de mouvements planétaires plus ou moins différents des précédents. Tout ceci découlerait nécessairement du principe que toute nouvelle force introduite dans un équilibre mobile, doit graduellement servir à vaincre les forces qui résistent à la divergence qu'elle-même engendre; que toutes ces forces antagonistes n'étant plus com-

battues, produisent une action en sens contraire, aboutissant à une divergence compensatrice dans la direction opposée, divergence suivie d'une divergence recompensatrice, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'il s'établisse ou bien un mouvement rhythmique additionnel ou une modification équivalente des mouvements rhythmiques préexistants. Or, bien qu'un organisme, au lieu d'être, comme le système solaire, un état d'équilibre mobile *indépendant*, se trouve en un état d'équilibre mobile *dépendant* (*Premiers principes*, § 170), cela ne l'empêche pas d'obéir à la même loi. Tout animal reçoit journellement du dehors une quantité de force destinée à remplacer la force qu'il dépense; mais cette répartition qui se fait continuellement d'une nouvelle quantité de mouvement à toutes ses parties, pour restaurer la quantité de mouvement perdue, ne change rien à l'accomplissement des actions et des réactions que nous venons de décrire. Dans le cas de l'organisme, comme dans celui du système solaire, nous avons un agrégat de parties arrangées d'une façon définie, que nous appelons des organes et qui possèdent des actions établies d'une façon définie, que nous appelons des fonctions. Ces actions ou fonctions rhythmiques et les divers rhythmes composés qui résultent de leurs combinaisons sont arrangés de manière à contre-balancer les actions auxquelles l'organisme est soumis : il y a une genèse de forces constante ou périodique qui, par leur espèce, leur quantité, leur direction, suffisent à lutter contre les forces que les organismes doivent produire constamment ou périodiquement. Si donc cet état d'équilibre mobile existe dans un système défini d'actions internes exposé à un système défini d'actions externes, que doit-il arriver si quelqu'une des actions externes vient à être changée? Il n'y aura plus d'équilibre. Il arrivera que l'une des forces engendrées habituellement par l'organisme sera trop

grande ou trop petite pour contre-balancer la force incidente; il y aura une force en excès exercée par le milieu sur l'organisme, ou par l'organisme sur le milieu. Cette force en excès, cette force non équilibrée, se dépense nécessairement à produire un changement d'état dans l'organisme. En agissant directement sur quelque organe et en en modifiant la fonction, elle modifie indirectement les fonctions qui en dépendent et influencent au loin toutes les fonctions. Comme nous l'avons déjà vu (§ 68, 69), si cette force nouvelle est permanente, ses effets doivent se diffuser graduellement dans toute l'étendue de l'organisme, jusqu'à ce qu'elle en vienne à s'équilibrer en opérant un genre de réarrangement qui produise une force exactement capable de la contre-balancer.

La portée de ce principe général dans la question qui nous occupe est évidente. Les modifications accumulées, que les changements incessants de leurs milieux n'ont cessé de faire naître dans les organismes, ont été dans tous les cas des effets nécessaires de l'établissement d'un équilibre nouveau avec de nouvelles combinaisons des conditions. Dans chaque espèce pendant les temps géologiques, il s'est fait constamment une rectification de l'équilibre, qui a été perpétuellement troublé par le changement des circonstances ambiantes. Toute nouvelle hétérogénéité a été une addition d'un changement de structure imposé par une nouvelle équilibration à des changements de structure imposés par des équilibrations antérieures. La question ne saurait recevoir une autre interprétation, puisqu'un changement ne saurait avoir un autre objet. Toute force nouvelle mise en présence d'un organisme doit faire de deux choses l'une : ou détruire complétement l'équilibre mobile, ou l'altérer sans le détruire, et l'altération doit aboutir à l'établissement d'un nouvel équilibre mobile. Par suite, dans les organismes il n'y a que deux

alternatives : la mort ou la restauration de la balance physiologique.

L'équilibration entre les fonctions d'un organisme et les actions de son milieu peut être ou directe ou indirecte. La nouvelle force incidente peut, ou bien susciter immédiatement quelque force antagoniste, ou se trouver contre-balancée par quelque changement de fonctions et de structure produit d'autre manière. Ces deux opérations d'équilibration sont tout à fait distinctes ; nous les étudierons séparément. Ce chapitre sera consacré à la première.

§ 160. L'équilibration directe est le procédé qu'on appelle couramment l'*adaptation*. Nous avons déjà vu (II[e] Partie, ch. v), que les organismes individuels se modifient quand ils se trouvent placés dans de nouvelles conditions de vie, de manière à rétablir l'ajustement des propriétés et des conditions. Sans doute il est très-difficile d'en dégager la preuve, mais nous avons lieu de penser (§ 82) que les changements de structure causés de la sorte par les changements fonctionnels se transmettent par hérédité. Dans le dernier chapitre, nous avons dit que si, au lieu de la succession d'individus qui constitue une espèce, il y avait un individu continuellement existant, toutes les divergences fonctionnelles et structurales que nous voyons se produire sous l'influence d'une force incidente nouvelle, continueraient nécessairement de croître jusqu'à ce que la nouvelle force incidente fût contre-balancée, et que le remplacement d'un individu continuellement existant par une succession d'individus naissant chacun de la substance modifiée de son prédécesseur, n'empêcherait pas le même effet de se produire, la persistance de la force s'opposant à toute autre conclusion. Ici, nous trouvons encore que cette limite vers laquelle tout chan-

gement organique progresse, dans l'espèce comme dans l'individu, est un équilibre mobile nouveau ajusté au nouvel arrangement des forces externes.

Mais maintenant quelles sont les conditions sous lesquelles seules l'équilibration directe peut se produire ? Toutes les modifications qui servent à réadapter les organismes à leurs milieux sont-elles des modifications directement adaptatives? S'il en est autrement, quelles sont celles qui sont directement adaptatives et celles qui ne le sont pas? Comment ferons-nous pour les distinguer ?

Évidemment, pour qu'un équilibre mobile soit graduellement modifié il est nécessaire, d'abord, que quelque force opère sur lui, et ensuite, que la force ne soit pas de nature à le détruire. S'il existe dans le milieu quelque force qui agirait favorablement sur un organisme, pourvu qu'il fût légèrement modifié, mais qui en l'absence de cette modification n'agit point sur lui, il est clair que cette force ne saurait d'elle-même produire la modification. D'autre part, si la force externe est de telle nature que les individus de l'espèce en quelque lieu qu'ils en soient affectés, ou bien sont tués ou tellement lésés que la production de rejetons vigoureux rencontre de sérieux obstacles, il ne saurait se faire dans l'espèce aucun changement de nature à tenir tête à cette force externe. Les seules forces incidentes nouvelles qui puissent opérer des changements de fonction et de structure nécessaires pour amener un animal ou un végétal à l'état d'équilibre avec ces forces, sont celles qui opèrent sur cet animal ou ce végétal ou d'une manière continue ou fréquemment. Il faut qu'elles soient capables de changer le système d'actions et de réactions rhythmiques compliquées qui constituent la vie de l'organisme, et cependant de n'y pas produire des perturbations qui seraient fatales. Voyons

quelles limites aura en conséquence l'équilibration directe.

§ 161. Chez les végétaux on peut s'attendre à ce que les organes qui jouent un rôle dans la nutrition et qui sont exposés à des variations de la quantité et des proportions des matières et des forces utilisées dans la nutrition, subissent des variations correspondantes. Nous trouvons la preuve qu'il en est ainsi. Les « changements d'habitude », communs chez les végétaux quand on les place dans des lieux différents par le climat ou par le sol de ceux qu'ils habitaient auparavant, sont des changements de parties dans lesquelles les actions externes modifiées produisent directement des actions internes modifiées. Les caractères de la tige et des rameaux qu'on appelle ligneux ou herbacés, dressés ou pendants, ceux des feuilles par rapport à leurs dimensions, leur épaisseur et leur structure, ceux des racines par rapport à leur degré de développement et à leurs modes de croissance, sont évidemment en relation immédiate avec les caractères du milieu. Une différence permanente dans la quantité de lumière ou de chaleur affecte, jour par jour, les opérations qui ont les feuilles pour siége. Une pluie ou une sécheresse habituelle change toutes les actions assimilatrices et influence d'une manière appréciable les organes qui les accomplissent. Certaines substances particulières, par leur présence dans le sol, donnent de nouvelles qualités à certains tissus, y causent un accroissement de rigidité ou de flexibilité, et affectent ainsi le résultat général. Ensuite nous avons, dans les plantes, des changements qui tendent à y produire des arrangements modifiés de fonction et de structure, en équilibre avec les systèmes modifiés de forces externes.

Mais revenons aux autres classes d'organes que possèdent les plantes, organes qui ne sont pas affectés du même coup

dans leurs variations par les forces incidentes. Prenons d'abord les organes de défense. Il y a bien des plantes qui sont défendues par de formidables épines contre des animaux qui, sans cela les dévoreraient; et d'autres, comme l'ortie, par des poils piquants. Ces dispositions doivent être mises au nombre de celles qui conservent l'équilibre entre les actions qui se passent dans l'organisme et celles qui se passent dans son milieu, puisque, toutes choses égales d'ailleurs, si ces défenses n'existaient pas, la destruction par les animaux herbivores serait tellement augmentée, que le nombre des jeunes plantes annuellement produites ne suffirait pas, comme aujourd'hui, à contre-balancer la mortalité, et qu'alors l'espèce disparaîtrait. Mais ces dispositions défensives, bien qu'elles aident à maintenir la balance entre les actions internes et externes, ne sauraient avoir été directement provoquées par les actions externes qu'elles servent à neutraliser; car ces actions externes n'affectent pas continuellement les fonctions de la plante même d'une manière générale, moins encore de la manière spéciale qu'il faudrait. Supposez une espèce d'ortie dépourvue de poils irritants, et qu'un mammifère, s'introduisant dans son habitat, se mette à la manger, la force représentée par ce mammifère n'aurait aucune tendance directe à développer les poils irritants dans la plante, puisque les individus dévorés ne pourraient léguer des changements de structure, alors même que les actions seraient de nature à les produire, et puisque les individus qui se reproduisent seraient ceux sur lesquels la nouvelle force incidente n'est pas tombée. Les organes de la reproduction forment une classe d'organes placés dans des circonstances analogues. Comme les organes de défense, ils ne sont pas durant la vie d'un végétal individuel influencés d'une manière variable par les actions externes variables, et

par conséquent ne remplissent pas les conditions sous lesquelles il est possible que les changements de structure soient causés directement par les changements dans le milieu. L'appareil générateur coutenu dans chaque fleur n'agit qu'une fois dans le cours de son existence, et même alors les parties servent à leur fin d'une manière passive plutôt qu'active. Il ne peut donc être question de modifications d'origine formelle. Que les anthères d'une fleur soient placées de telle sorte que l'insecte qui la fréquente habituellement ne puisse manquer de venir en contact avec le pollen, et de féconder ensuite avec ce pollen d'autres fleurs de même espèce, et que cet insecte vienne à diminuer en nombre ou à disparaître de la localité, sans laisser derrière lui aucun insecte ayant des formes ou des habitudes qui lui permettent de faire utilement la même chose, mais seulement des insectes qui ne le font pas d'une façon efficace, il est évident que le changement des conditions n'a pas une tendance immédiate à opérer dans le végétal des changements de structure qui pourraient produire un nouvel équilibre avec les conditions qui l'entourent. En effet les anthères, qui, même en accomplissant leurs fonctions, ne font que se trouver sur le passage de l'insecte, ne sont plus, dans les circonstances que nous supposons, touchées par l'insecte, et, puisqu'elles ne le sont pas, il ne saurait y avoir de cause qui modifie les étamines de manière à placer les anthères dans une situation où elles soient touchées par quelque autre insecte. Il n'y a que les individus dont les organes de fructification diffèrent de la forme moyenne de l'espèce au point qu'un autre insecte puisse servir de véhicule au pollen, qui pourraient rester assez féconds pour avoir des chances de se perpétuer. Nulle force extérieure, directement calculée pour rendre la déviation plus grande et l'adaptation plus complète, n'agirait sur

leur postérité qui aurait hérité de la déviation, puisque les circonstances nouvelles qui réclament une réadaptation, sont de telle nature qu'elles n'altèrent pas le moins du monde l'équilibre des fonctions qui constituent la vie de la plante individuelle.

§ 162. Chez les animaux, l'adaptation par équilibration directe se montre partout où, durant la vie de l'individu, un changement extérieur engendre quelque changement de fonction constant et répété. Il en est évidemment ainsi des parties de l'animal qui sont directement exposées à des influences généralisées, comme celles du climat, et des parties de l'animal qui jouent un rôle dans les actions mécaniques qu'il exerce sur le milieu. Dans l'une de ces classes de faits, nous pouvons prendre pour exemple le changement qui fonce ou éclaircit la peau par suite d'une exposition à une chaleur plus ou moins intense; et dans l'autre classe, il est un fait bien connu, c'est l'augmentation ou la diminution de volume que l'usage ou le non-usage causent dans les organes du mouvement et de la préhension. Il n'est pas nécessaire d'en donner maintenant des exemples : nous en avons parlé dans la seconde partie de ce livre.

Mais chez les animaux, comme chez les végétaux, il y a beaucoup de fonctions indispensables remplies par des parties entre lesquelles et les conditions externes auxquelles elles correspondent, il n'existe pas d'action ou de réaction qui puisse produire directement l'équilibre. C'est surtout évident pour les appendices de la peau. Il y a peut-être quelque raison de conclure que le développement plus ou moins grand des poils est en partie dû directement à l'accroissement ou à la diminution de la demande de la fonction qu'ils accomplissent passivement comme mauvais

conducteurs de la chaleur; mais, quoi qu'il en soit, il est impossible d'invoquer cette cause pour expliquer l'immense développement des poils que nous voyons dans les piquants du porc-épic, ou les développements compliqués de ces appendices que nous appelons plumes. L'armure émaillée que porte le lépidosté ne saurait s'expliquer comme un résultat direct d'un changement d'origine fonctionnelle. Comme défense, cette armure serait aussi utile ou plus utile à une multitude d'autres poissons; et si elle était le résultat d'une réaction directe de l'organisme contre des réactions dangereuses auxquelles il aurait été soumis, il semble qu'il n'y aurait pas de raison pour que d'autres poissons n'aient pas produit une défense semblable. On pourrait en dire autant de certaines dispositions des organes de la reproduction. La sécrétion de la coquille dont s'entoure la substance de l'œuf dans l'oviducte de l'oiseau, est tout aussi inexplicable à titre de conséquence d'une modification d'origine fonctionnelle causée directement par quelque modification des conditions externes. La fin remplie par la coquille de l'œuf, c'est la protection de la masse qu'elle contient contre certaines pressions et collisions légères auxquelles l'œuf est exposé durant l'incubation. Comment la coquille pourrait-elle acquérir l'épaisseur voulue par un procédé d'équilibration directe, ou, même, comment pourrait-elle exister? Supposez que cette enveloppe protectrice soit trop faible, en sorte que quelques œufs d'oiseaux soient cassés ou écrasés. En premier lieu, ces accidents sont des actions d'un genre qui ne saurait réagir sur l'organisme maternel, de manière à causer la sécrétion de coquilles plus épaisses à l'avenir. Le supposer, c'est admettre que l'oiseau comprend la cause du mal et que la sécrétion de coquilles plus épaisses ou plus minces est soumise à sa volonté. En second lieu, les petits

qui se développent au dedans de ces coquilles cassées ou écrasées mourront certainement, et ne peuvent par conséquent acquérir des constitutions modifiées d'une manière appropriée, même en supposant qu'on pourrait montrer une relation convenable entre l'impression reçue et le changement nécessaire. En attendant, les œufs qui échappent aux accidents ne sont aucunement influencés par la condition requise; par suite, les oiseaux qui en sortent ne sauraient être soumis à l'action d'aucune force tendant à produire l'ajustement de fonctions qui est nécessaire. Il ne saurait donc y avoir d'aucune façon une équilibration directe entre la constitution et les conditions que nous voyons se produire dans ce cas. Dans les organes mêmes qui peuvent être modifiés par certaines forces incidentes en correspondance avec ces forces incidentes, il y a des réajustements qui ne sauraient s'effectuer par le contre-balancement direct des actions internes et externes. Il en est ainsi des os. La plupart des os ont à résister à des efforts; et c'est un fait bien connu que des variations dans les efforts musculaires provoquent par réaction des variations dans la force des os. Ici, il y a une équilibration directe. Mais, bien que la massivité plus grande acquise par les os soumis à de plus grands efforts puisse être attribuée à une force en sens contraire évoquée par une force mise en jeu, il est impossible d'expliquer ainsi les accroissements de longueur des os. On a supposé que l'élongation des métatarsiens chez les échassiers résultait d'une adaptation directe aux conditions de la vie. Toutefois, pour justifier cette hypothèse, il faudrait montrer que les actions et les réactions mécaniques dans les pattes d'un échassier diffèrent de celles qui se passent dans les pattes des autres oiseaux, et que les actions différentielles sont équilibrées par la production d'un excès de longueur. Il n'y

en a pas l'ombre d'une preuve. Les métatarsiens d'un oiseau n'ont à supporter d'autres efforts appréciables que ceux qui sont dus au poids qui pèse sur eux. La marche dans l'eau ne change pas ces efforts d'une manière appréciable, et, les changeassent-ils, un accroissement de la longueur de ces os ne les rendrait pas propres à supporter mieux les efforts modifiés.

§ 163. La conclusion à laquelle nous arrivons est donc qu'il se passe dans les organismes certains changements de fonction et de structure, conséquences directes des changements des forces incidentes, c'est-à-dire des changements internes qui font équilibre aux changements externes et qui restaurent l'équilibre. Ces rééquilibrations, qui se montrent souvent d'une manière frappante dans les individus, nous avons des raisons de croire qu'elles continuent dans les générations successives, jusqu'à ce qu'elles soient complétées par la production de structures appropriées aux conditions modifiées. Mais, en même temps, nous voyons que les conditions modifiées auxquelles les organismes peuvent s'adapter par équilibration directe sont des conditions d'une certaine classe seulement. Pour qu'une nouvelle action externe puisse être équilibrée par une nouvelle action interne, il est nécessaire qu'elle soit subie ou bien d'une manière continue ou bien fréquemment par les individus de l'espèce, sans qu'ils en meurent ou qu'ils en souffrent sérieusement; il faut qu'elle agisse de manière à affecter leurs fonctions. En les examinant, nous trouvons que beaucoup de changements ambiants auxquels les organismes se sont ajustés ne sont pas de ce genre : ce sont des changements qui n'affectent point les fonctions directement, ou qui les affectent de manière à les détruire.

Par conséquent, il faut qu'il y ait quelque autre opération qui équilibre les actions des organismes avec celles auxquelles ils sont exposés. Des végétaux et des animaux qui continuent à exister sont nécessairement des végétaux et des animaux dont les pouvoirs contre-balancent ceux qui agissent sur eux; et comme leurs milieux changent, les changements que les végétaux et les animaux subissent, doivent nécessairement être des changements dans le sens du rétablissement de l'équilibre. Outre l'équilibration directe, il doit y avoir une équilibration indirecte. Comment se fait celle-ci, nous allons le rechercher.

CHAPITRE XII

ÉQUILIBRATION INDIRECTE

§ 164. Outre les perturbations produites dans l'équilibre mobile d'un organisme par des forces perturbatrices spéciales, il y en a beaucoup d'autres, dont quelques-unes sont les effets répercutés des forces perturbatrices déjà subies par l'individu, et les autres les effets répercutés des forces perturbatrices subis par les individus ancêtres, et les déviations de fonction ainsi produites impliquent des déviations de structure multipliées. Nous avons donné (§ 115) des exemples du principe général exposé tout au long quand nous avons traité de l'adaptation (§ 68), à savoir que, dans un organisme à l'état d'équilibre mobile, il ne saurait y avoir une fonction en excès imposée à un organe, et une croissance en excès produite dans cet organe, sans qu'il se passe des changements dans toutes les autres fonctions, et enfin dans tous les autres organes. En traitant de la variation (§ 90), nous avons vu que les individus qui, par l'effet de leurs circonstances différentes, ont dévié par la fonction et la structure du type moyen dans divers sens, légueront à leurs rejetons des perturbations de fonction composées et des déviations de structure composées variées à l'infini

quant à l'espèce et quant à la quantité. C'est-à-dire qu'outre les perturbations et les déviations primaires causées directement dans les organismes par des actions altérées de leurs milieux, il y a toujours des perturbations et des déviations secondaires et tertiaires causées indirectement, qui, combinées les unes avec les autres de génération en génération, produisent des modifications légères innombrables dans les équilibres mobiles et les structures corrélatives dans toute l'espèce.

Or, si les individus d'une espèce sont nécessairement rendus dissemblables par des moyens et à des degrés innombrables, si les systèmes compliqués de rhythmes que nous appelons leurs fonctions, quoique semblables dans leurs caractères généraux, sont dissemblables dans leurs détails; si, dans un individu, la somme d'action dans une direction particulière est plus grande que dans tout autre individu, ou si dans ce cas une combinaison particulière donne une force résultante qui ne se trouve pas ailleurs, il arrivera que parmi tous les individus, quelques-uns seront moins susceptibles que d'autres d'avoir leur équilibre renversé par une force incidente particulière qu'ils n'avaient pas subie auparavant. A moins que le changement dans le milieu ne soit d'un genre si violent qu'il se montre partout sans exception fatal à l'espèce, il doit affecter plus ou moins différemment les équilibres mobiles légèrement différents que présentent les membres de l'espèce. Il ne peut pas ne pas arriver que quelques membres ne soient plus stables que les autres quand ils sont exposés à l'action de ce facteur nouveau ou de ce facteur modifié. Il ne peut pas ne pas arriver que les individus dont les fonctions sont le plus loin de l'équilibre avec les agrégats modifiés des forces externes, ne soient ceux qui meurent; et que ceux-là ne survivent dont

les fonctions arrivent à se mettre à peu près en équilibre avec l'agrégat modifié des forces externes.

Mais la survie des plus aptes implique la multiplication des plus aptes. En dehors des plus aptes résultant de cette multiplication, l'équilibre mobile sera, comme auparavant, détruit partout où il ne pourra opposer à la nouvelle force incidente qu'une force inférieure. Par la destruction continuelle des individus qui sont les moins capables de conserver leur équilibre en présence de cette nouvelle force incidente, il doit enfin se produire un type modifié complétement en équilibre avec les conditions modifiées.

§ 165. La survie des plus aptes, que j'ai cherché à exprimer en termes de mécanique, est ce que Darwin a appelé « sélection naturelle ou conservation des races favorisées dans la lutte pour la vie ». Une opération de ce genre se révèle dans tout le règne organique. Le grand ouvrage de Darwin sur l'*Origine des espèces* l'a prouvé de manière à satisfaire presque tous les naturalistes. Même sur son simple énoncé, la vérité de son hypothèse est tellement évidente qu'elle n'a guère besoin de preuve. On peut demander de prouver par des faits que la sélection naturelle explique tout ce qu'on veut y rapporter; mais on ne demande pas de faits pour prouver que la sélection naturelle s'est toujours faite, se fait actuellement et doit toujours continuer à se faire. Ce point reconnu comme une vérité certaine *à priori* étudions-le sous les deux points de vue distincts qu'il nous présente.

Les organismes qui vivent prouvent par le fait qu'ils sont aptes à vivre eu égard aux épreuves auxquelles ils ont été soumis; tandis que les organismes qui meurent montrent qu'ils sont à certains égards inaptes à vivre; faits non moins

manifestes que la tendance nécessaire de cette purification spontanée de l'espèce à assurer l'adaptation entre elle et son milieu. L'adaptation peut se *conserver* ou bien se *produire* par ce moyen. Sans doute beaucoup de ceux qui ont considéré la nature avec un esprit philosophique ont observé que la mort du pire et la multiplication du meilleur doit être le résultat d'une constitution en harmonie avec les circonstances ambiantes. La vigueur moyenne d'une race diminuerait si les individus malades et débiles survivaient et se propageaient; ces individus détruits faute de remplir certaines conditions de la vie, ceux qui sont capables de les remplir demeurent, et l'adaptation moyenne de la race se trouve conservée; voilà des vérités presque évidentes. Mais reconnaître la « sélection naturelle » comme un moyen de conserver un équilibre déjà établi entre les propriétés de l'espèce et les forces auxquelles elle est soumise, c'est seulement la reconnaître dans son mode d'action le plus simple et le plus général. C'est le mode le plus spécial dont nous nous occupons en ce moment. Ce mode, Darwin a été le premier à l'apercevoir. C'est lui qui a découvert que la sélection naturelle est capable de produire l'*adaptation* entre des organismes et leurs circonstances; à lui revient encore le mérite d'avoir apprécié l'importance immense des conséquences qui en découlent. Il a mis en œuvre une masse énorme de faits pour en faire sortir la démonstration exacte que « la conservation des races favorisées dans la lutte pour la vie », est une cause sans cesse agissante de divergence parmi les formes organiques. Il a suivi les résultats compliqués de l'opération de sélection avec une sagacité merveilleuse; il a montré que des multitudes de faits inexplicables par d'autres causes, s'expliquent complétement par cette cause. En un mot, il a prouvé que la cause qu'il met en avant est une vraie cause, une cause

que nous voyons habituellement en action, et que les résultats qu'on peut en conclure, sont en harmonie avec les phénomènes que présente la création organique, aussi bien dans son ensemble que dans ses détails. Jetons un coup d'œil sur quelques-unes des plus importantes explications que l'hypothèse nous fournit.

Un sol qui possède un élément en quantité insolite, peut fournir à un végétal un excès de la matière exigée par une certaine classe de ses tissus, et peut être cause que toutes les parties formées de ces tissus se développent d'une façon anormale. Supposé que parmi ces parties se trouvent les poils qui revêtent la surface du végétal, y compris ceux qui poussent sur ses graines. Ainsi armées de fibres un peu plus longues, ses graines, une fois dispersées, sont portées par le vent un peu plus loin avant de tomber sur le sol. Les jeunes plantes qui en sortent, dispersées sur une plus grande surface que celles qui naissent d'autres individus de la même espèce, seront moins exposées à s'étouffer mutuellement; un plus grand nombre de ces semences sera susceptible d'arriver à maturité et de fructifier. Supposé que la génération suivante soit soumise à la même influence particulière, quelques-unes des semences portées par ses membres n'hériteront pas simplement de l'accroissement de développement des poils, mais ils le pousseront plus avant; et ces membres encore plus favorisés dans le même sens qu'auparavant auront en somme encore plus de chance de continuer la race. Ainsi, par l'effet de la survie, génération après génération, de ces membres qui possèdent des poils plus longs, et par l'effet de l'hérédité de l'augmentation successive du développement des poils, il peut résulter une graine qui dévie beaucoup du type originel. D'autres individus de la même espèce, soumis aux conditions physiques différentes

des autres localités, développeront peut-être des tuniques plus épaisses ou plus dures pour leurs semences : ce qui les rendra moins faciles à digérer pour les oiseaux qui les dévorent. Ces graines à tuniques plus épaisses échappant à la digestion plus fréquemment que les semences à tuniques plus minces, auront de nouvelles chances de pousser et de laisser des rejetons. Que cette opération se répète plusieurs années consécutives en sorte que ses effets s'accumulent, et une semence sera produite qui divergera dans une autre direction du type des ancêtres. Ailleurs, une certaine modification des actions physiologiques de la plante peut conduire à une sécrétion insolite d'une huile essentielle dans les semences, qui, les rendant désagréables aux animaux qui s'en seraient nourris, peut diminuer la destruction des semences et donner ainsi à l'espèce un avantage qui lui permet d'augmenter le chiffre de sa multiplication; puis, cette particularité accidentelle constituant un préservatif, s'accroîtra graduellement comme auparavant par sélection naturelle, jusqu'à ce qu'elle constitue une autre divergence. Or dans ces cas, comme dans un nombre immense de cas analogues, nous voyons que les plantes peuvent devenir mieux adaptées ou réadaptées aux agrégats des causes ambiantes, non par aucune action *directe* de ces causes sur elles, mais par leur action *indirecte*, par la destruction des individus qui s'accommodent le moins de ces causes et par la survie de ceux qui s'en accommodent le plus. Toutes ces légères variations de fonctions et de structure qui se produisent chez les membres d'une espèce, font l'effet d'expériences, dont la grande majorité échoue, mais dont quelques-unes réussissent. Comme nous avons vu que chaque plante porte une multitude de graines desquelles seulement deux ou trois parviennent à remplir toutes les conditions né-

cessaires pour arriver à maturité et continuer la race; de même nous voyons que chaque espèce ne cesse de produire des formes nombreuses légèrement modifiées, déviant dans tous les sens d'un type moyen, formes dont la plupart ne s'adaptent pas mieux aux conditions que leurs parents ou s'y adaptent moins bien, mais dont quelques-unes s'y adaptent mieux, et par cette adaptation meilleure sont mises à même de se conserver mieux et de produire des rejetons également capables de se conserver. Chez les animaux, la même opération aboutit à un développement analogue des diverses structures qui ne peuvent avoir été affectées par le jeu des fonctions, leurs fonctions étant purement passives. La coquille épaisse d'un mollusque ne saurait s'expliquer comme un résultat des réactions directes de l'organisme contre les actions externes auxquelles il est exposé; mais elle peut s'expliquer comme résultat de la survie, génération après génération, d'individus dont les téguments plus épais les protégent contre leurs ennemis. Il en est de même d'une structure dermique comme celle de la tortue. Sans doute nous avons des faits qui prouvent que la peau peut s'épaissir aux endroits où elle est exposée à des pressions ou à des frottements, et par là rétablir l'équilibre en opposant une plus grande force interne à une plus grande force externe; mais aucun fait ne nous montre qu'une tunique, armure véritable, comme celle de la tortue, se produise de la sorte. Il n'est pas vrai non plus que les conditions par lesquelles seulement on pourrait expliquer que l'écaille de la tortue s'est produite de cette manière, soient remplies, puisque la surface de la tortue n'est pas exposée à une plus grande pression ou à de plus grands frottements que la surface d'autres animaux. Cette carapace massive, et la charpente osseuse si étrangement adaptée qui

la supporte, ne peuvent s'expliquer comme résultats de l'évolution, si ce n'est par l'opération de la sélection naturelle. Il en est encore de même de la production des couleurs chez les oiseaux et les insectes, la formation des glandes odorifères chez les mammifères, le développement des excroissances du chameau. En un mot, il en est de même de tous les organes d'animaux qui ne jouent pas un rôle actif dans les rhythmes composés de leurs fonctions.

Non-seulement Darwin nous explique des caractères de structure qui seraient sans cela inexplicables, mais il nous fait voir que la sélection naturelle explique des relations particulières entre les individus dans certaines espèces; il nous montre que des faits tels que le dimorphisme de la primevère et d'autres fleurs sont tout à fait d'accord avec son hypothèse, et qu'ils demeurent des pierres d'achoppement pour toutes les autres. La production des neutres chez les abeilles et les fourmis est inexplicable comme résultat de l'adaptation directe, mais la sélection naturelle en fournit une explication plausible. Les diverses différences de sexe, tantôt légères, tantôt profondes, elle les explique également. Comme nous l'avons fait pressentir (§ 79), la sélection naturelle semble capable de produire et de conserver la proportion convenable des sexes dans chaque espèce; et il n'y a qu'à considérer la portée de l'explication pour voir que la formation de sexes différents peut même avoir été produite de la même manière.

Il nous est impossible de donner ici une idée exacte de la doctrine de Darwin, en la suivant dans le domaine immense de ses applications. Le petit nombre d'illustrations que nous venons de donner, et qui n'indiquent que d'une manière imparfaite les divers ordres de phénomènes interprêtés par l'hypothèse de Darwin, ont pour but seulement

de rappeler au lecteur ce qu'est cette hypothèse et quels sont les problèmes, autrement insolubles, qu'elle a résolus pour nous.

§ 166. Mais maintenant, bien qu'il me semble que nous possédions une explication de phénomènes dont le nombre immense et la variété dépassent toute conception, il me semble aussi qu'il y en aura une portion que l'explication n'éclaire pas. Darwin reconnaît que l'usage ou le non-usage des parties sont des causes de modification dans les organismes, et le reconnaît bien plus que ne font ceux qui acceptent sa conclusion générale. Mais je crois qu'il ne le reconnaît pas assez. Tout en montrant d'une manière concluante que l'hérédité des changements de structure causés par des changements de fonction est complétement insuffisante pour expliquer une grande quantité, et probablement la plus grande, de phénomènes morphologiques, il passe selon moi, sous silence une quantité considérable de phénomènes morphologiques explicables comme résultats de modifications fonctionnellement acquises, transmises et accrues, et qui ne sont pas explicables comme résultats de la sélection naturelle.

Par induction, aussi bien que par déduction de l'hypothèse de la sélection naturelle, nous savons qu'il existe un équilibre entre les pouvoirs des organes qui agissent habituellement ensemble, c'est-à-dire qu'il y a entre ces pouvoirs des proportions telles qu'aucune n'a un excès considérable d'efficacité. Nous voyons, par exemple, que dans tout le système vasculaire, il se conserve un équilibre entre les pouvoirs, c'est-à-dire le développement, des parties composantes : dans certains cas, par l'effet d'un travail excessif, le cœur cède, et nous avons une dilatation; dans d'autres cas,

les grandes artères cèdent et nous avons des anévrysmes; dans d'autres cas, les petits vaisseaux sanguins cèdent et nous avons tantôt des ruptures, tantôt des congestions chroniques. Cela veut dire que, dans la moyenne de leur constitution, les organes de la circulation ne possèdent aucune force superflue. Voyons encore une série d'organes moteurs. Tantôt un grand effort cause la déchirure des fibres d'un muscle; tantôt le muscle résiste, mais le tendon casse; tantôt le muscle et le tendon ne subissent aucun dommage, mais l'os se brise. En rapprochant ces faits du fait général, que dans les mêmes conditions adverses, les différents individus montrent les différences légères qui distinguent leurs constitutions, en souffrant l'un d'une manière, l'autre de l'autre, et que même chez un seul individu des conditions adverses semblables affectent tantôt un viscère, tantôt un autre, nous verrons clairement que si un équilibre exact et absolu entre les pouvoirs des organes qui composent un organisme ne saurait être maintenu, les excès et les défauts de pouvoir ne laissent pas d'être extrêmement légers. Nous avons déjà dit que, d'après l'hypothèse de la sélection naturelle, ils doivent être extrêmement légers. Darwin lui-même prétend « que la sélection naturelle cherche continuellement à économiser dans chaque partie de l'organisation. Si, sous l'influence de conditions de vie modifiées, une structure auparavant utile devient moins utile, toute diminution, si légère qu'elle soit, qui survient dans son développement, sera saisie par la sélection naturelle, car il sera profitable à l'individu que sa nourriture ne soit pas gaspillée à construire un appareil inutile. » En d'autres termes, si un muscle a plus de fibres qu'il n'en peut être utilisé, ou si un os est plus fort qu'il n'est nécessaire, aucun avantage n'en résulte, mais plutôt un désavantage, et un désavantage qui diminuera les chances de survie. Aussi

en résulte-t-il qu'entre des organes qui agissent habituellement de concert, un accroissement de l'un ne saurait être d'aucun service, à moins qu'il n'y ait aussi un accroissement des autres. Les parties qui coopèrent doivent varier ensemble; autrement les variations seront préjudiciables. A un muscle plus fort il faut un os plus fort qui résiste à ses contractions; il lui faut des muscles corrélatifs et des ligaments plus puissants pour mettre en sûreté les articulations voisines; il lui faut des vaisseaux sanguins plus grands pour fournir à ses besoins; il lui faut un nerf plus volumineux pour lui apporter un stimulus, et un plus grand développement d'un centre nerveux pour fournir ce stimulus plus puissant. Mais alors une question se pose; la variation spontanée se fait-elle simultanément dans toutes ces parties coopératives? Avons-nous quelque raison de penser qu'elles croissent ou décroissent spontanément ensemble? L'hypothèse qui l'affirme me paraît insoutenable, et paraîtra telle à tout le monde, si nous prenons un exemple, et que nous remarquions le grand nombre et la complication des variations dont l'on doit admettre la production simultanée. Pour bien faire saisir un autre point, nous avons déjà considéré la modification qui accompagne forcément l'augmentation du poids de la tête. Mais au lieu du bison prenons le grand cerf d'Amérique ou le cerf éteint d'Irlande, qui serviront mieux notre but. Dans cette espèce le mâle a des cornes énormément développées dont il se sert pour l'attaque et pour la défense. Ces cornes, pesant plus d'un quintal, constituent un grand désavantage, portées qu'elles sont avec le crâne massif qu'elles surmontent au bout du cou tendu. En outre, pour que ces cornes lourdes puissent être utiles dans un combat, il faut que les os et les muscles qui les supportent soient assez forts, non-seulement pour les porter, mais pour les mettre en mouvement avec

la rapidité nécessaire pour frapper. Cherchons alors comment cet appareil complexe d'os et de muscles a pu se développer par sélection naturelle, *pari passu*, avec les cornes. Si nous supposons que les cornes ont été d'abord de même volume que celles que portent les autres espèces de cerfs, et que chez certains individus, elles sont devenues plus grandes par variation spontanée, quels sont les changements concomitants qui sont nécessaires pour rendre utile leur volume plus grand? Toutes autres choses égales, le coup porté par une corne plus grande serait un coup porté par une masse plus lourde mue avec une vitesse plus petite : le moment serait le même qu'auparavant, et, la surface de contact avec le corps frappé se trouvant augmentée un peu tandis que la vitesse a diminué, la blessure serait moins grave. Pour que les cornes deviennent de meilleures armes, il faut que l'appareil entier qui les meut soit fortifié de manière à lui imprimer une plus grande force et à supporter les réactions plus violentes des coups. Il faut que les os du crâne où les cornes sont placées s'épaississent, autrement ils se rompraient. Pour que l'épaississement des os du crâne soit avantageux, il faut que les vertèbres du cou reçoivent un surcroît de développement, et, à moins que les ligaments qui maintiennent ensemble ces vertèbres et les muscles qui les meuvent ne soient fortifiés, il n'y aura rien de gagné. Ces modifications du cou seraient inutiles ou même dangereuses, si l'appui du cou ne devenait pas plus capable de résister à des efforts plus violents. Les vertèbres dorsales supérieures et leurs épines doivent se fortifier pour qu'elles puissent supporter les contractions les plus violentes des muscles du cou, et des changements analogues doivent avoir lieu dans la voûte scapulaire. Encore plus nécessaire est le développement simultané des os et des muscles des membres an-

térieurs; puisque chacun de ces surcroîts de développements dans les cornes, le crâne, le cou et les épaules ajoute au fardeau que les membres antérieurs ont à porter. Si ce cerf, avec ses cornes, sa tête, son cou et ses épaules d'un poids plus lourd, n'avait des membres antérieurs plus forts, non-seulement il perdrait de son agilité, mais il succomberait dans la lutte. Aussi, pour que de plus grandes cornes soient utiles, il faut que des os, des muscles et des ligaments nombreux, acquièrent une force plus grande aussi bien que les vaisseaux sanguins et les nerfs dont leurs actions dépendent. Rappelons-nous seulement qu'une distension d'un seul petit muscle au pied rend la marche impossible, ou que la faiblesse d'un ligament diminue la force d'un membre, et nous verrons qu'à moins d'un grand nombre de changements opérés simultanément, c'est comme si rien n'était fait; ou même il vaudrait mieux que rien ne fût fait, puisque les agrandissements de certaines parties, en appliquant de plus grands efforts aux parties unies par une relation fonctionnelle, les affaibliraient relativement, si ces parties n'étaient point agrandies. Ainsi donc, pour expliquer une structure telle que celle du grand cerf d'Amérique, ou du cerf éteint d'Irlande, nous devons supposer qu'un accroissement spontané du volume des cornes s'accompagne d'un accroissement spontané dans chacun des os, des muscles et des ligaments, directement ou indirectement impliqués dans l'usage que l'animal fait de ses cornes. Sommes-nous autorisés à le supposer? Je ne le crois pas. Ce serait une hypothèse excessive, celle qui admettrait que les vertèbres et les muscles du cou se sont agrandis en même temps que les cornes. Ce serait une hypothèse plus excessive encore, celle qui admettrait que les vertèbres dorsales supérieures sont devenues en même temps plus massives, mais qu'elles ont encore changé de proportion en consé-

quence, par le développement de leurs immenses apophyses épineuses. Ce serait une hypothèse encore plus difficile à croire, qu'à côté de cornes plus lourdes il s'est produit spontanément une augmentation de force de la voûte scapulaire et des membres antérieurs.

Outre la multiplication d'organes directement coopératifs, la multiplication des organes non coopératifs, si ce n'est au degré impliqué par leur combinaison dans le même organisme, me paraît un nouvel obstacle au développement de structures spéciales par la sélection naturelle seule. Lorsque la vie est comparativement simple, ou lorsque les circonstances ambiantes donnent à une fonction une importance suprême, la survie des plus aptes peut réaliser promptement le changement structural approprié, sans le secours de la transmission des modifications d'origine fonctionnelle. Mais dans la proportion où la vie devient plus complexe, où une existence exempte de maux ne saurait être assurée par la possession dans une grande mesure d'une certaine faculté, mais seulement par celle de plusieurs facultés, dans la même proportion naissent les obstacles à l'accroissement d'une faculté particulière par suite de la « conservation des races favorisées dans la lutte pour la vie ». Dans la mesure où les facultés se multiplient, il devient possible pour les divers membres d'une espèce d'acquérir les uns sur les autres divers genres de supériorité. L'un sauve sa vie par une habileté plus grande, un autre par une vue plus perçante, un autre par un odorat plus fin, un autre par une ouïe plus délicate, un autre par une plus grande force, un autre par une faculté plus grande d'endurer le froid ou la faim, un autre par une timidité particulière, un autre par un courage spécial, d'autres par d'autres attributs corporels ou mentals. Or il est incontestablement vrai que, toutes choses égales d'ailleurs,

chacun de ces attributs donnant à celui qui le possède une chance de vie de plus, aura des chances de se transmettre à la postérité. Mais il semble qu'il n'y ait aucune raison de supposer qu'elle sera augmentée dans les générations subséquentes par sélection naturelle. Pour qu'elle s'accroisse ainsi, il faut que les individus qui ne la possèdent pas au delà d'un certain degré moyen périssent en plus grand nombre que ceux qui en sont grandement doués, ce qui ne saurait arriver que lorsque l'attribut a, pour le moment, une plus grande importance, que la plupart des autres attributs. Si les membres de l'espèce qui n'ont de cet attribut qu'une part fort petite, survivent néanmoins en vertu d'autres genres de supériorité qu'ils possèdent respectivement, il n'est pas facile de comprendre comment cet attribut particulier peut être développé par sélection naturelle dans les générations successives. Il semble bien plus probable, que par l'effet de la gamogenèse cette part d'attribut plus considérable subira, en somme, une diminution dans la postérité, et, à la longue, elle servira à compenser ce qui manque aux autres individus dont les facultés spéciales ont pris un autre cours; et à conserver ainsi la structure normale de l'espèce. Il est assez difficile de suivre la marche de l'opération; mais il me semble qu'aussi souvent que le nombre des facultés corporelles et mentales s'accroît, et aussi souvent que la conservation de la vie dépend moins de la quantité d'une faculté que de l'action combinée de toutes; aussi souvent la production de caractères spéciaux par sélection naturelle seule devient difficile. Il semble en particulier qu'il en soit ainsi d'une espèce douée d'aussi nombreuses facultés que l'est l'espèce humaine; et par-dessus tout il semble qu'il en soit ainsi des facultés humaines qui jouent un rôle moindre comme auxiliaires dans la lutte pour la vie, des facultés esthétiques, par exemple.

Mais il ne s'ensuit pas que, dans les cas de ce genre et du genre précédent, la sélection naturelle ne joue aucun rôle. Toutes les fois qu'elle n'est pas l'agent principal qui opère les changements organiques, elle en est, très-généralement un agent secondaire. La survie des plus aptes doit presque toujours favoriser la production des modifications qui produisent l'adaptation, que ce soient des modifications accidentelles ou des modifications causées par adaptation directe. Évidemment, les individus chez qui leur constitution ou leur milieu ont facilité la production de changements de structure, en conséquence de certains changements fonctionnels réclamés par certaines conditions externes nouvelles, seront les individus qui auront le plus de chance de vivre et de laisser des descendants. Il doit y avoir une sélection naturelle de particularités d'origine fonctionnelle aussi bien que de particularités accidentelles, et par suite les changements de structure d'une espèce, qui résultent de changements d'habitudes nécessités par des changements de circonstances, deviendront plus rapides grâce à la sélection naturelle qu'ils n'auraient été sans cela.

Il y a, toutefois, certaines modifications dans le volume et la forme des parties qui n'ont pu être favorisées par la sélection naturelle, mais qui doivent résulter absolument de l'hérédité de changements d'origine fonctionnelle. La diminution de volume d'organes dont le volume anormal ne produit point de maux appréciables, nous en fournit la meilleure preuve. Soit, par exemple, la diminution des mâchoires et des dents qui caractérisent les races civilisées par opposition aux races sauvages (1). Quel avantage les races civilisées ont-

(1) Grâce à M. Flower j'ai pu examiner la collection des crânes du Musée du collége des chirurgiens, pour vérifier ce point. Malheureusement, dans la plupart des cas, il manquait des dents, ce qui m'a empêché d'arriver

elles pu tirer, dans la lutte pour la vie, de la légère diminution de ces os relativement petits? On ne pourrait citer dans la vie civilisée, aucune supériorité fonctionnelle possédée par une petite mâchoire et non par une grande, comme cause d'une survie plus fréquente des individus à mâchoire petite. Le seul avantage que l'on pourrait attribuer à la petitesse de la mâchoire, est celui d'une économie de nutrition; et cet avantage ne serait pas assez grand pour favoriser la conservation des hommes qui la possèdent. La diminution de poids dans la mâchoire et les parties qui concourent avec elle, qui s'est produite dans le cours de plusieurs milliers d'années ne s'élève qu'à quelques onces. Il faut diviser cette diminution entre les nombreuses générations qui ont vécu et sont mortes dans l'intervalle. Admettons que le poids de ces parties ait diminué d'une once dans une seule génération (ce qui est une supposition très-hardie), on ne pourrait pas prétendre qu'il suffise à un homme d'avoir à porter une once de moins, ou d'avoir à restaurer une once de tissus de moins, pour que sa destinée soit affectée d'une manière

au résultat spécifique que j'aurais obtenu en pesant un certain nombre de mâchoires inférieures de chaque race. Toutefois à la simple vue on peut y découvrir une différence assez saillante. Les mâchoires inférieures d'Australiens et de nègres placées côte à côte avec des mâchoires d'Anglais, sont visiblement plus grandes, non-seulement relativement; mais absolument. Une seule mâchoire australienne avait le volume d'une mâchoire moyenne d'Anglais, et cette mâchoire (probablement celle d'une femme) appartenait à un crâne plus petit, et présentait une plus grande proportion avec l'ensemble du corps dont elle faisait partie, que la mâchoire anglaise de même volume. Dans tous les autres cas, les mâchoires inférieures des races inférieures (contenant des dents plus grosses que les nôtres) étaient *absolument* plus massives que les nôtres, les dépassant souvent dans toutes les dimensions, et *relativement* aux squelettes plus petits de ces races inférieures, elles étaient bien plus massives. Ajoutons que les mâchoires d'Australiens et de nègres offrent un grand contraste non avec toutes les mâchoires anglaises, mais seulement avec celles des Anglais civilisés. Un ancien crâne anglais de la collection a une mâchoire presque aussi massive que celle des crânes australiens. Ce qui est conforme à la relation qui subsiste entre le plus grand volume des mâchoires et la plus grande action de ces organes, qui fait partie des habitudes des sauvages.

sensible. Si la sélection naturelle n'a jamais fait cela, bien plus si elle n'a pas causé une survie *fréquente* des individus à petite mâchoire, alors que les individus à grosse mâchoire mouraient, elle n'a pu causer ni favoriser la diminution de la mâchoire et de ses accessoires. Par conséquent, dans ce cas, la diminution de l'action des parties qui a accompagné le développement des habitudes civilisées (l'emploi d'outils et la perte de l'habitude de se servir d'aliments grossiers) doit avoir été la seule cause en action. Durant la civilisation cette diminution de fonctions a affecté plus ou moins tous les individus. La diminution de l'effort externe sur ces parties par l'effet de l'équilibration directe, aboutit à la diminution des forces internes par lesquelles cet effort est combattu. De génération en génération, la diminution des parties du déclin des fonctions se transmet par hérédité. Et comme la survie des individus doit toujours avoir pour cause des détails de structure plus importants, ce détail ne peut avoir été facilité ni retardé par sélection naturelle.

§ 167. Revenons des grandes classes de faits que l'hypothèse de Darwin n'explique pas, aux classes encore plus étendues qu'elle explique et qui ne s'expliquent par aucune autre hypothèse, et examinons de quelle façon cette hypothèse peut s'exprimer en termes empruntés à la doctrine générale de l'évolution. Déjà nous avons vu que l'évolution des types modifiés par « sélection naturelle ou conservation des races favorisées dans la lutte pour la vie » doit être une opération d'équilibration, puisqu'elle aboutit à la production d'organismes en équilibre avec leur milieu. Au début de ce chapitre nous avons essayé de montrer comment la survie continue des plus aptes pourrait être considérée comme l'établissement progressif d'une balance entre les forces

externes et les internes. Mais nous devons examiner la question de plus près. Il reste à montrer que cette opération obéit aux mêmes principes généraux de mécanique que toutes les autres équilibrations.

Jusqu'ici nous avons considéré l'assemblage d'individus composant une espèce comme un agrégat en état d'équilibre mobile. Nous avons vu que sa puissance de multiplication lui donne une force expansive combattue par d'autres forces, et que les variations rhythmiques de ces deux systèmes de forces imposent une limite oscillante à son habitat, et une limite oscillante au nombre de ses membres. A un autre moment (§ 96) nous avons vu que l'agrégat d'individus constituant une espèce a une espèce de vie générale qui, « comme la vie d'un individu, se conserve par les actions inégales et toujours variables des forces incidentes dans ses différentes parties. » Nous avons vu que « de même que dans chaque organisme, les forces incidentes ne cessent de produire des écarts de l'état moyen dans tous les sens qui contre-balancent des écarts opposés, produits indirectement par d'autres forces incidentes; et de même que la combinaison des fonctions rhythmiques entretenues par ces écarts, constitue la vie de l'organisme; de même, dans une espèce il se fait grâce à la gamogenèse une neutralisation perpétuelle des écarts en sens contraire, qui l'écartent de l'état moyen, causés dans ses diverses parties par divers systèmes de forces incidentes; et c'est pareillement par la production et la compensation rhythmiques de ces écarts en sens contraire que l'espèce continue à vivre. » Par suite, pour comprendre comment une espèce est affectée par des causes qui détruisent certaines unités et favorisent la multiplication de certaines autres, nous devons la considérer comme un tout dont les unités sont unies par des forces complexes qui se contre-balancent et

se dérangent toujours comme un tout dont l'équilibre mobile ne cesse de se modifier et à travers lequel ne cessent de se propager des ondes perturbatrices. Cela posé, tâchons de nous figurer la façon d'après laquelle les équilibres mobiles sont altérés. En premier lieu, l'effet nécessaire produit par une nouvelle force incidente tombant sur une partie d'un agrégat à mouvements équilibrés, est de produire un mouvement nouveau dans le sens de la moindre résistance. En second lieu, la nouvelle force incidente s'use graduellement à surmonter les forces opposantes, et lorsqu'elle est entièrement épuisée les forces opposantes produisent une réaction, une déviation en sens inverse qui contre-balance la déviation originelle. En conséquence, considérer si l'équilibre mobile d'une espèce est modifié de la même manière que l'équilibre mobile en général, c'est considérer si, exposée à une force nouvelle, une espèce cède dans la direction de la moindre résistance, et si, parce qu'elle cède ainsi, un changement compensateur dans la direction opposée se trouve engendré dans l'espèce. Nous verrons que les deux choses arrivent.

En effet, qu'est-ce, en termes de mécanique, que l'effet produit sur une espèce par un ennemi auparavant inconnu qui fait périr ceux de ses membres qui ne réussissent pas à se défendre? La disparition des individus qui opposent aux forces destructives les forces défensives les plus petites, est l'équivalent d'une retraite de l'espèce dans son ensemble vers les localités où la résistance est la plus petite. Or si, par l'effet d'une cause générale, telle qu'un changement de climat, les membres d'une espèce sont soumis à une augmentation de certaines actions externes qui tendent toujours à renverser leur équilibre, et qu'ils ne cessent de contre-balancer par l'absorption de nourriture, quels sont les premiers à mourir? Ceux qui sont le moins capables d'en-

gendrer les actions internes qui combattent ces actions externes. Si le changement est une augmentation du froid de l'hiver, certains membres de l'espèce ont plus que d'autres la faculté de trouver de la nourriture ou de la digérer; d'autres par leur aptitude constitutionnelle à fabriquer de la graisse, se trouvent pourvus d'une réserve de force qui leur sert aux époques de disette; d'autres qui ont les téguments les plus épais et qui perdent moins de chaleur par le rayonnement, survivent, et leur survie implique qu'en chacun d'entre eux l'équilibre mobile des fonctions présente un ajustement de forces internes qui le préserve d'être détruit par l'agrégat modifié des forces externes. Par contre, les membres qui meurent, sont, toutes choses égales d'ailleurs, ceux qui manquent du pouvoir d'opposer à la nouvelle action, une action équivalente en sens contraire. Ainsi, dans tous les cas, une espèce considérée comme un agrégat dans un état d'équilibre mobile, change d'état parce que sa masse variante cède partout où elle est le plus faible relativement aux forces spéciales qui agissent sur elle. Cette conclusion est même une banalité. Mais, maintenant, que va-t-il arriver en conséquence de la destruction des individus les moins résistants et de la survie des plus résistants? L'effet de la déviation de l'état moyen sur l'équilibre mobile d'une espèce dans son ensemble existant de génération en génération, est de produire une déviation compensatrice. En effet, si tous les membres de l'espèce qui manquent de puissance dans une certaine direction sont détruits, quelle influence la postérité en recevra-t-elle? Si ceux qui ont été détruits avaient vécu et laissé une postérité, la génération suivante aurait présenté le même équilibre moyen de pouvoirs que les générations précédentes; il y aurait eu une proportion semblable d'individus moins

doués de ce pouvoir, et des individus mieux doués. Mais les individus mieux doués demeurant seuls pour continuer la race, il doit en résulter une génération nouvelle ayant pour caractère d'être plus largement douée de ce pouvoir. C'est-à-dire que lorsqu'une action, qui produit sur l'équilibre mobile constitué par une espèce un changement dans une direction donnée, il survient, dans la génération suivante, une réaction qui produit un changement opposé. Observons encore que ces effets se correspondent dans leur degré de violence. Si le changement de quelque facteur externe est assez grand pour ne laisser vivre qu'un très-petit nombre d'individus possédant à un degré extrême le pouvoir de le combattre, il se fait durant les générations successives une multiplication rapide d'individus caractérisés pareillement par la possession à un degré extrême de ce pouvoir, c'est-à-dire que la force imprimée évoque une force opposée antagoniste. De plus, le changement est temporaire lorsque la cause est temporaire, et permanent quand la cause est permanente. Tous ceux qni manquent de l'attribut nécessaire ayant péri et les survivants possédant l'attribut nécessaire à un degré relativement élevé, il y aura dans leur descendance non-seulement des individus qui possèderont cet attribut avec une égale intensité, mais aussi des individus qui le possèderont avec une intensité moindre, si la cause qui s'est montrée fatale à ces individus n'a pas continué d'agir, ces individus moins bien doués se multiplieront, et l'espèce, après diverses oscillations, reviendra à son état primitif. Mais si cette force est persistante, ces individus moins doués seront continuellement détruits, et à la fin il n'y en aura plus de produits que ceux qui sont doués à un haut degré de la puissance d'y résister : un équilibre nouveau, adapté aux nouvelles conditions ambiantes, en résultera.

On peut objecter que cette manière d'exprimer les faits ne comprend pas les cas nombreux dans lesquels une espèce se modifie par rapport à des causes ambiantes qui ne l'influencent pas d'une manière active; des cas comme celui de la plante dont les graines sont armées de crochets, par lesquels elles s'accrochent à la peau des animaux qui passent et qui en deviennent les distributeurs; des cas dans lesquels les forces externes n'ont d'abord aucune tendance directe à affecter l'espèce, mais où l'espèce se modifie de manière à tirer parti de la force externe. Cependant le même mode d'interprétation s'applique aux cas de ce genre; il suffit d'en changer les termes. Tandis que dans l'agrégat d'influences sous lesquelles une espèce existe, il y en a qui tendent à renverser l'équilibre mobile de ses membres, il y en a d'autres qui en facilitent la conservation, et d'autres qui sont capables d'en accroître la stabilité; par exemple, l'introduction dans leur habitat d'une nouvelle espèce de proie qui sera abondante pendant la saison où les autres sont rares. Or quelle est la méthode par laquelle l'équilibre mobile d'une espèce s'adapte à un nouveau facteur externe qui favorise sa conservation? Au lieu d'une résistance à vaincre ou à contre-balancer, c'est une résistance moindre que cet équilibre rencontre; et une résistance diminuée s'équilibre de la même façon qu'une résistance augmentée. De même que, dans un cas, il y a une survie plus fréquente des individus que les particularités de leur constitution mettent en état de résister le mieux à un facteur contraire, de même dans l'autre cas, il y a une survie plus fréquente des individus que les particularités de leur constitution mettent en état de tirer parti du nouveau facteur. Dans chaque membre de l'espèce la balance des fonctions et l'arrangement corrélatif des structures diffèrent légèrement de ce qui existe chez les

autres membres. Dire que parmi ses membres l'un est mieux adapté que les autres à tirer parti de quelque force dont il ne se servait pas auparavant et qui existe dans son milieu, c'est dire que son équilibre mobile est en cela ajusté d'une manière plus stable par rapport à l'agrégat des influences ambiantes. Enfin si, comme conséquence, cet individu conserve son équilibre mobile quand d'autres n'y réussissent pas, et produit un rejeton qui fait de même, c'est-à-dire si des individus qui présentent ce caractère se multiplient et supplantent les autres, il est évident, comme auparavant, qu'il y a une méthode par laquelle s'effectue une équilibration entre l'organisme et son milieu, non pas directement, mais indirectement, au moyen des rapports incessants entre l'espèce dans son ensemble et son milieu.

§ 168. Nous venons de voir que l'équilibration indirecte fait tout ce que l'équilibration directe ne peut faire. On ne saurait trop insister sur cette conclusion que tous les procédés par lesquels les organismes sont réadaptés à leur milieu, sans cesse changeant, doivent être d'un genre ou de l'autre. A l'appui de cette conclusion, nous n'avons pas seulement le principe universel qu'un changement de tout ordre tend à l'équilibre, mais nous avons aussi le principe universel dans le monde organique, que la vie est la conservation d'un équilibre mobile entre les actions internes et les externes, c'est-à-dire une adaptation continuelle des actions internes aux externes, ou la conservation d'une correspondance entre les forces auxquelles un organisme est soumis et celles qu'il développe lui-même. En effet, si la conservation de la vie est la conservation de cet équilibre mobile, il en résulte que les changements qui permettent à une espèce de vivre sous des conditions modifiées,

tendent à un équilibre avec ces conditions modifiées.

Par suite, tous les changements étant des équilibrations, leurs différences ne sauraient être que des différences dans les moyens par où elles se produisent. Si elles ne sont pas produites directement, il faut qu'elles le soient indirectement. Donc, *à priori*, nous pouvons être certains que toutes les méthodes de modification qui ne rentrent pas dans la classe des équilibrations directes doivent rentrer dans celle des équilibrations indirectes.

L'examen des faits confirme cette conclusion. Les facteurs externes, auxquels une espèce est exposée, sont de deux sortes : les uns agissent continuellement ou fréquemment sur les individus; les autres n'agissent pas continuellement ou fréquemment sur les individus. A un facteur qui agit continuellement ou fréquemment sur les individus, les fonctions des individus se rajustent elles-mêmes : il y a équilibration directe. Mais un facteur qui n'agit pas continuellement ni fréquemment sur les individus, agit continuellement sur l'espèce considérée comme un tout, soit en détruisant les membres de cette espèce qui sont le moins capables de lui résister, soit en favorisant les membres qui sont le plus capables de le mettre à profit. Enfin, par la suppression, une génération après l'autre, des membres qui sont le moins en équilibre avec le facteur nouveau, ou par un surcroît de multiplication, une génération après l'autre, de ceux qui sont le plus en équilibre avec le facteur nouveau, l'espèce dans son ensemble se trouve amenée à l'état d'équilibre complet avec le facteur nouveau : c'est là une équilibration indirecte.

CHAPITRE XIII

COOPÉRATION DES FACTEURS

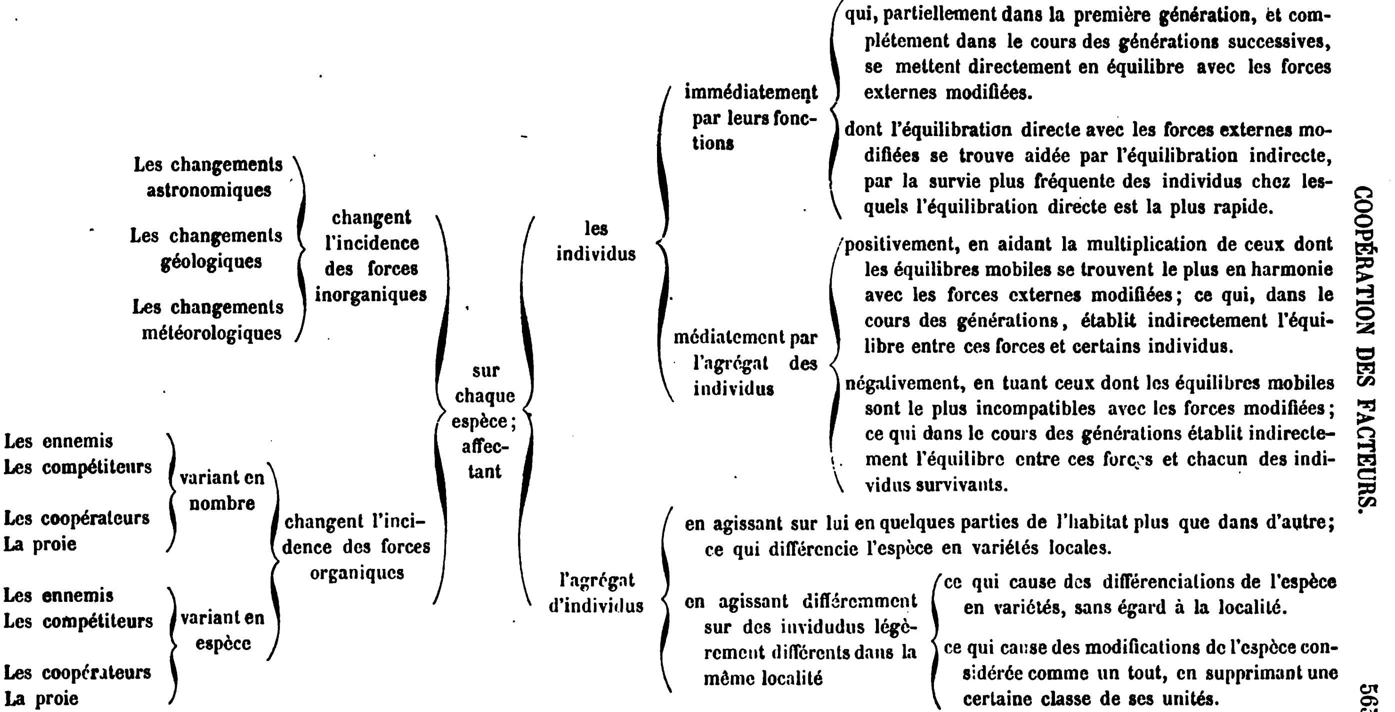
§ 169: Les phénomènes de la vie organique peuvent donc s'expliquer de la même manière que les phénomènes de toute autre évolution. Ces lois universelles de la redistribution de matière et de mouvement, auxquelles les choses en général se conforment, les choses vivantes s'y conforment aussi, dans l'histoire des individus, dans l'histoire des espèces, et dans l'histoire de l'agrégat qu'elles forment. De quelque façon qu'on les exprime ordinairement, les vérités de développement telles qu'elles se révèlent dans les règnes animal et végétal, peuvent s'exprimer comme des manifestations des vérités abstraites exposées dans les *Premiers principes*. Pour bien nous en convaincre, nous devrons considérer dans leur *ensemble* les divers procédés décrits séparément dans les quatre chapitres précédents.

Si les forces qui agissent sur un agrégat restent les mêmes, les changements qu'elles produisent dans l'agrégat atteindront effectivement une limite où les forces extérieures constantes sont contre-balancées par les forces intérieures constantes; et, après cela, aucune métamorphose ultérieure n'aura plus lieu. Par suite, de ce qu'il peut y avoir des chan-

gements continus de structure dans les organismes, il doit y avoir des changements continus dans les forces incidentes. Cette condition de l'évolution des formes végétales et animales, nous la trouvons pleinement satisfaite. Les changements astronomiques, géologiques, météorologiques, ont marché lentement, mais d'une manière incessante, et sous des combinaisons de plus en plus compliquées n'ont cessé de modifier les milieux des organismes; les organismes, à mesure qu'ils devenaient plus nombreux et plus élevés dans leur genre, ont modifié leurs milieux propres par une intervention mutuelle. Ainsi, pour expliquer l'accumulation de modifications progressives que suppose l'évolution organique, nous trouvons une cause suffisante dans l'accumulation de modifications que tout milieu à la surface de la terre a subies durant les périodes géologiques et prégéologiques. Les changements internes progressifs, pour l'explication desquels nous trouvons une cause dans les changements externes continus, obéissent, autant que nous pouvons les suivre, à la loi universelle de l'instabilité de l'homogène qui se manifeste dans tout le cours de l'évolution en général. Nous voyons que dans les organismes, comme dans toutes les autres choses, l'exposition de parties différentes à des espèces et à des quantités différentes de forces incidentes a rendu nécessaire leur différenciation, et que, pour la même raison, des agrégats d'individus ont passé graduellement à l'état de variétés, d'espèces, de genres et de classes. Nous voyons aussi que, dans chaque type d'organisme, comme dans l'agrégat des types, la multiplication des effets a continuellement aidé cette transition d'un état plus homogène à un état plus hétérogène. Nous voyons encore que l'accroissement de ségrégation et l'accroissement du caractère défini qui caractérise l'hétérogénéité croissante d'un organisme, se

sont trouvés assurés par la nécessité de leur conservation sous l'empire de combinaisons de forces qui ne diffèrent pas beaucoup des combinaisons précédentes — par la destruction continuelle de ceux qui s'exposent à des agrégats d'actions externes nettement incompatibles avec les agrégats de leurs actions internes, et par le service de ceux qui ne sont soumis qu'à des conditions relativement peu incompatibles. Enfin, nous avons trouvé que chaque changement de structure superposé à des changements antérieurs a été une rééquilibration nécessitée par le dérangement d'un équilibre précédemment établi. La conservation de la vie étant la conservation d'une combinaison balancée de fonctions, il s'ensuit que les individus et les espèces qui ont continué à vivre, sont les individus et les espèces dans lesquelles la balance des fonctions n'a pas été renversée. Il est donc inévitable que la survie à travers des changements successifs de conditions implique des ajustements successifs de l'équilibre à de nouvelles conditions. Nous trouvons la vérification inductive de cette déduction. Ce qu'on appelle ordinairement adaptation est, traduit en termes de mécanique, une équilibration directe; et l'opération dans laquelle, sous le nom de sélection naturelle, Darwin nous a montré le moyen sans cesse en action qui adapte les structures des organismes aux circonstances, nous paraît, quand nous l'analysons, de nature à s'exprimer en termes de mécanique et à recevoir le nom d'équilibration indirecte.

Les actions dont nous parlons, en les présentant comme successives sont, en réalité, simultanées, et il faut les concevoir ainsi, si l'on veut bien comprendre l'évolution organique. Le tableau suivant, qui représente la coopération des facteurs, aidera à les concevoir.



Les changements astronomiques
Les changements géologiques
Les changements météorologiques
} changent l'incidence des forces inorganiques

Les ennemis
Les compétiteurs
Les coopérateurs
La proie
} variant en nombre

Les ennemis
Les compétiteurs
Les coopérateurs
La proie
} variant en espèce

} changent l'incidence des forces organiques

} sur chaque espèce; affectant

- les individus
  - immédiatement par leurs fonctions
    - qui, partiellement dans la première génération, et complétement dans le cours des générations successives, se mettent directement en équilibre avec les forces externes modifiées.
    - dont l'équilibration directe avec les forces externes modifiées se trouve aidée par l'équilibration indirecte, par la survie plus fréquente des individus chez lesquels l'équilibration directe est la plus rapide.
  - médiatement par l'agrégat des individus
    - positivement, en aidant la multiplication de ceux dont les équilibres mobiles se trouvent le plus en harmonie avec les forces externes modifiées; ce qui, dans le cours des générations, établit indirectement l'équilibre entre ces forces et certains individus.
    - négativement, en tuant ceux dont les équilibres mobiles sont le plus incompatibles avec les forces modifiées; ce qui dans le cours des générations établit indirectement l'équilibre entre ces forces et chacun des individus survivants.
- l'agrégat d'individus
  - en agissant sur lui en quelques parties de l'habitat plus que dans d'autre; ce qui différencie l'espèce en variétés locales.
  - en agissant différemment sur des invidudus légèrement différents dans la même localité
    - ce qui cause des différenciations de l'espèce en variétés, sans égard à la localité.
    - ce qui cause des modifications de l'espèce considérée comme un tout, en supprimant une certaine classe de ses unités.

§ 170. Sur la coopération de ces facteurs, il reste seulement à indiquer la part respective qu'ils prennent à la production du résultat total, et la manière d'après laquelle les proportions de leur part respective varient à mesure que l'évolution progresse.

D'abord, les changements dans la quantité et les combinaisons des forces inorganiques externes, astronomiques, géologiques et météorologiques, sont les seules causes des modifications successives subies par les organismes; et ces changements ont continué et doivent continuer encore à être les causes de ces modifications. Mais comme, à cause de la diffusion des organismes et des actions différentielles des forces inorganiques qui les affectent en conséqnence de cette diffusion, il se produit des différences entre les organismes, d'où résultent des variétés, des espèces, des genres, des ordres, des classes, etc., les actions des organismes l'un sur l'autre sont devenues des causes nouvelles de modifications organiques. Enfin, aussi souvent que les types se sont multipliés et sont devenus plus complexes, aussi souvent les actions mutuelles des organismes les uns sur les autres sont devenues des facteurs plus influents sur leur évolution respective, jusqu'à ce qu'à la fin, comme nous le voyons dans la race humaine, elles en soient devenues les facteurs principaux.

En passant des causes externes de changement aux opérations de changement qu'elles produisent, nous voyons que ces opérations ont varié dans leurs proportions, que celle qui était originellement l'opération la plus importante et à peu près la seule, devient graduellement moins importante, si non à la fin la moins importante. Il doit y avoir eu toujours, et il doit toujours continuer à y avoir une survie des plus aptes : il faut que la sélection naturelle ait fonctionné

dès le début, et elle ne saurait jamais cesser de fonctionner. Tandis que les organismes avaient encore des moyens comparativement faibles de coordonner leurs actions et de les ajuster aux actions du milieu, la sélection naturelle agissait presque seule pour modeler et remodeler les organismes de manière à les adapter à leurs milieux changeants; et la sélection naturelle est demeurée presque la seule force par laquelle les plantes et les ordres inférieurs d'animaux se sont modifiés et développés. L'équilibration d'organismes qui sont comparativement passifs s'effectue nécessairement d'une manière indirecte par l'action des forces incidentes sur l'espèce considérée comme un tout. Mais à côté de l'évolution graduelle d'organismes possédant quelque activité, il y a une espèce d'équilibration qui est relativement directe. Dans la proportion où l'activité s'accroît, l'équilibration directe joue un rôle plus important. Enfin, quand l'appareil nervo-musculaire se trouve très-développé et que le pouvoir de varier les actions pour s'adapter aux diverses conditions est devenu considérable, la part qui revient à l'équilibration directe devient plus importante. Nous avons des raisons de croire qu'aussi longtemps que les facultés se multiplient et que le nombre des organes qui concourent à l'accomplissement d'une fonction augmente, l'équilibration indirecte par sélection naturelle devient de moins en moins capable de produire des adaptations spécifiques; et que la seule chose dont elle soit tout à fait capable, c'est de conserver l'adaptation générale de la constitution aux conditions. Pareillement la production des adaptations par équilibration directe prend la première place, l'équilibration indirecte servant à la faciliter. Enfin à la longue, chez les races humaines civilisées, l'équilibration devient surtout directe : l'action de la sélection naturelle se trouvant restreinte à la destruction des races qui sont

constitutionnellement trop faibles pour vivre, même avec un secours du dehors. Comme la conservation des incapables est habituellement assurée par nos arrangements sociaux; et comme très-peu d'individus, à l'exception des criminels, sont empêchés par leur infériorité même de laisser le nombre voulu de rejetons (il est même probable que la balance de la fécondité est en faveur des inférieurs), il en résulte que la survie des plus aptes ne peut guère avoir pour effet la production de caractères, soit corporels, soit mentals. Dans ce cas les caractères, surtout mentals, que nous voyons se produire, et qui se produisent si rapidement qu'au bout d'un petit nombre de siècles il y a des changements considérables, doivent être attribués presque entièrement à une équilibration directe (1).

(1) Je signalerai comme jetant de la lumière sur la question des variétés de l'homme, un article sur *l'Origine des races humaines*, lu devant la Société anthropologique, le 1er mars 1864, par M. Alfred Wallace, dont les naturalistes connaissent des travaux sur l'hypothèse de la sélection naturelle, travaux indépendants de ceux de M. Darwin, mais plus récents et moins approfondis. Dans cet article, M. Wallace montre très-clairement selon moi, qu'en même temps que chez l'homme le degré d'intelligence que suppose l'usage des meubles, des vêtements, etc., se trouve atteint, les modifications cérébrales tendent à se substituer aux modifications corporelles, et cependant il ne cesse pas de regarder la sélection naturelle des variations spontanées comme une cause des modifications. Mais, si les arguments qui précèdent sont bons, la sélection naturelle ne joue ici qu'un rôle secondaire qui consiste à favoriser les adaptations produites par d'autres causes. Il est vrai qu'ainsi que le prétend M. Wallace, et comme je l'ai moi-même brièvement indiqué (*Westminster Review*,, April 1852, p. 496-501), la sélection naturelle des races conduit à la survie de celles qui sont développées au point de vue cérébral, tandis que celles qui sont moins développées dans ce sens disparaissent. Mais quoique la sélection naturelle agisse sans obstacle dans la lutte d'une société avec une autre, cependant dans la lutte entre les unités de chaque société, son action est tellement combattue, qu'il ne reste aucune cause qui explique suffisamment l'acquisition de la supériorité mentale par une race sur une autre, excepté l'hérédité des modifications d'origine fonctionnelle. Toutefois cette opinion s'accorde également bien avec la conclusion de M. Wallace, qu'à une certaine phase de l'évolution le cerveau commence à changer bien plus que le corps.

CHAPITRE XIV

CONVERGENCE DES PREUVES

§ 171. Des trois classes de preuves présentées, les preuves *à priori*, abordées les premières, sont les unes positives les autres négatives.

En étudiant « l'hypothèse des créations spéciales », nous l'avons trouvée sans valeur. Discréditée par son origine et totalement dénuée de fondement positif, elle nous a même paru inconcevable; et tandis qu'elle n'est pour l'esprit qu'une illusion, elle révèle des conséquences morales tout à fait en désaccord avec les croyances professées par ceux qui la soutiennent.

Au contraire, l'hypothèse de l'évolution a inspiré une croyance toujours plus forte à mesure qu'on l'a mieux examinée. Par son origine et sa parenté, elle se rattache aux vérités démontrées de la science moderne, comme l'hypothèse antagoniste se rattache aux erreurs démontrées de l'ancienne ignorance. Au lieu d'être une simple pseudo-idée, nous avons vu qu'elle était susceptible de devenir une conception définie, ce qui prouve sa légitimité en tant qu'hypothèse. Au lieu de proposer une opération purement fictive, l'opération qu'elle présente est une de celles que

nous avons vues s'accomplir actuellement autour de nous. Ajoutons qu'au point de vue moral, cette hypothèse n'a rien qui répugne invinciblement.

Aussi n'eussions-nous aucune autre raison de trancher le débat, nous n'aurions aucune raison d'hésiter à dire laquelle des deux hypothèses nous devons adopter.

§ 172. Cependant nous trouvons d'autres raisons de nous décider, quand nous mettons les deux hypothèses en présence des vérités générales établies par les naturalistes. Nous avons exposé ces preuves inductives en quatre chapitres.

Voici les *arguments tirés de la classification*. Les organismes se rangent dans des groupes qui comprennent des groupes. Cet arrangement est précisément celui que nous voyons résulter de l'évolution quand nous savons qu'elle a lieu. De ces groupes comprenant des groupes, les plus grands, ou primitifs, sont les plus dissemblables, les sous-groupes le sont moins, les sous-sous-groupes encore moins, et ainsi de suite; voilà encore un signe des groupes positivement produits par évolution. De plus, le manque de précision de l'équivalence des groupes est commun à ceux dont nous savons qu'ils sont des produits de l'évolution et à ceux que nous supposons maintenant en être aussi les produits. Enfin, il y a un autre fait significatif, c'est que les groupes divergents se rapprochent par leurs membres les plus inférieurs et non par les plus élevés : vérité qui est une conséquence de l'hypothèse de l'évolution.

Parmi les *arguments tirés de l'embryologie*, le premier et le plus frappant, c'est que lorsqu'on suit des développements d'embryons depuis leur point de départ commun, et que l'on figure leurs divergences et redivergences sous forme d'un arbre généalogique, il en ressort clairement une analogie

générale entre l'arrangement de ses branches primaires, secondaires et tertiaires, et l'arrangement des divisions et subdivisions de nos classifications, analogie générale que l'on pouvait prévoir comme résultat de l'évolution. Bien plus, les faits qui s'écartent un peu de cette analogie générale, et qui à première vue paraissent des difficultés, ne laissent pas, quand on les étudie mieux, de fournir de nouveaux appuis à l'hypothèse; puisque les traits qui attestent l'origine commune révélée par l'embryologie, sont, si les modification résultent du changement des conditions, susceptibles d'être déformés ou marqués de différentes façons et à différents degrés dans les différentes lignées de descendants.

Nous avons examiné ensuite les *arguments tirés de la morphologie*. Laissant de côté les signes de parenté des organismes que découvrent les métamorphoses de leur développement, ceux que nous présentent les formes adultes sont profondément significatives. La remarquable unité de type que l'on découvre sous un extérieur différent est inexplicable, si ce n'est comme résultat d'une origine commune combinée avec des modifications qui ne le sont pas. De plus, chaque organisme, analysé à part, nous montre dans la ressemblance que voile la dissemblance des parties une particularité de structure qui ne peut provenir que de la formation d'un organisme plus hétérogène aux dépens d'un organisme plus homogène. Enfin, l'existence habituelle d'organes rudimentaires, homologues d'organes développés chez les animaux ou les végétaux parents, qui n'admet pas d'autre explication rationnelle, trouve dans l'hypothèse de l'évolution une interprétation satisfaisante.

A la fin des preuves inductives viennent des *arguments tirés de la distribution*. Tandis que les phénomènes de distribution dans l'espace sont inexplicables si l'on en fait des

résultats d'adaptation voulue des organismes à leurs habitats, ils peuvent s'expliquer comme résultats de la compétition des espèces et de l'extension des organismes supérieurs dans les habitats des inférieurs, et des changements que les nouvelles conditions font naître. Quoique les phénomènes de distribution dans le temps soient si fragmentaires qu'on n'en saurait tirer aucune conclusion positive, pourtant ils peuvent tous se concilier avec l'hypothèse de l'évolution, et quelques-uns même lui prêtent un puissant appui, surtout la proche parenté qui existe entre les types vivants et les types éteints de chaque grande région géographique.

Dans chacun de ces quatre groupes, nous trouvons donc divers arguments qui tendent à la même conclusion, et la conclusion à laquelle tendent les arguments d'un groupe est celle où tendaient aussi ceux de tous les autres groupes. La coïncidence de ces coïncidences donnerait à l'induction une très-grande probabilité, alors même qu'elle ne serait pas fortifiée par la déduction.

§ 173. Mais la conclusion qu'on obtient déductivement est d'accord avec celle qu'on obtient inductivement. Passons de la preuve de la réalité de l'évolution à la question de savoir comment elle a eu lieu, et nous trouvons dans des causes connues et des opérations connues des causes adéquates de ces phénomènes.

Les changements astronomiques, géologiques et météorologiques, toujours en progrès, toujours combinés de façons nouvelles et plus compliquées, nous offrent un système de facteurs inorganiques dont tous les organismes subissent l'influence; enfin les actions variantes et compliquées des organismes les uns sur les autres nous offrent un système de facteurs organiques qui changent avec une rapidité croissante. D'une

manière générale, tous les membres de la faune et de la flore du globe passent continuellement dans des milieux nouveaux, subissent perpétuellement l'effet des réarrangements des forces externes.

Tout agrégat organique qu'on le considère individuellement ou comme une espèce douée d'une existence continue est modifié à nouveau par chaque nouvelle distribution des forces extérieures. A ces différenciations préexistantes, de nouvelles différenciations s'ajoutent; ainsi ce passage graduel d'un état plus homogène à un état plus hétérogène, qui aurait une limite fixe, si les circonstances étaient fixes, a sa limite perpétuellement reculée par le changement perpétuel des circonstances. En attendant, la complexité croissante de structure qui en résulte, doit, dans la moyenne des cas, s'accompagner d'une augmentation du caractère défini de la structure, puisque les organismes qui peuvent seuls survivre sont ceux qui se soumettent à des agrégats de forces qui ne sont pas au fond très-différents de ceux auxquels leurs structures correspondent. Enfin, en même temps que la progression est rendue nécessaire comme résultat général, le changement de structure n'ayant lieu qu'aux endroits où il se fait un changement dans la distribution des forces, il n'a pas lieu dans les organismes qui esquivent les changements dans la distribution des forces, par migration ou autrement.

L'accumulation de modifications qui aboutit à l'évolution considérée au point de vue de la structure, est l'accompagnement des changement fonctionnnels qui sont toujours nécessaires pour équilibrer les actions internes avec les externes. L'équilibre mobile des actions internes correspondant aux actions internes, qui constitue la vie d'un organisme, doit être détruit par un changement dans les actions externes, ou subir des perturbations qui ne sauraient prendre fin tant qu'il

ne s'est pas rétabli une balance de fonctions et une adaptation corrélative de structure. Partout où les changements externes sont susceptibles d'agir continuellement ou fréquemment sur les individus, cette équilibration s'opère.

Mais quand les changements externes sont de nature à détruire les individus qui les subissent ou à les affecter de manière à ne pas troubler l'équilibre de leurs fonctions, le réajustement se fait au moyen des effets produits sur l'espèce considérée comme un tout — il y a équilibration indirecte. Grâce à la sélection naturelle ou survie des plus aptes, grâce à la conservation dans les générations successives de ceux dont les équilibres mobiles se trouvent moins en désaccord avec les conditions externes, il se produit à la fin un équilibre modifié complétement en harmonie avec les conditions.

Il en résulte donc que l'évolution organique obéit aux lois universelles de la redistribution de matière et de mouvement auxquelles se conforme l'évolution en général.

§ 174. Alors même qu'après ces preuves on n'en aurait plus d'autres à donner en faveur de la croyance que les organismes de tous ordres sont des produits d'une évolution graduelle, cette croyance aurait des titres bien supérieurs à ceux de beaucoup de croyances que l'on considère comme établies. Quand nous voyons de fortes probabilités *à priori*, se prononcer en sa faveur et tout à fait contre l'hypothèse antagoniste ; quand l'examen des faits que les naturalistes ont accumulés, nous conduit à divers groupes d'inductions qui concourent à l'appuyer, et quand nous reconnaissons que les faits qui s'unissent tous pour prouver la réalité de l'évolution organique, se trouvent des conséquences des actions universelles connues comme causes de tous les genres d'évo-

lution, nous avons un concours de preuves qui pourrait suffire, alors même qu'on n'aurait rien de plus à dire.

Mais nous sommes loin d'avoir épuisé les preuves. Au début, nous avons remarqué que l'ensemble des phénomènes vitaux présentés par le monde organique, considéré comme un tout, ne saurait être convenablement étudié *à part* de l'ensemble des phénomènes vitaux présentés par chaque organisme dans le cours de sa croissance, de son développement, de son déclin. L'explication de l'un implique l'explication de l'autre, puisque les deux sont en réalité des parties d'une même opération. Par suite, la solidité d'une hypothèse touchant une classe de phénomènes peut être éprouvée par son accord avec les phénomènes de l'autre classe. Nous allons maintenant passer à l'étude des phénomènes de développement plus spéciaux que nous présentent les structures et les fonctions des organismes individuels. Si l'hypothèse qui veut que les végétaux et les animaux soient des produits progressifs de l'évolution est vraie, elle doit nous fournir la clef de ces phénomènes. Nous verrons qu'elle la fournit; et qu'elle donne par là d'innombrables preuves nouvelles de sa vérité.

APPENDICE

La lettre qui suit a été d'abord destinée à la *North American Review*, mais le directeur ne l'a pas admise pour ne pas déroger à une règle générale; elle a été d'ailleurs publiée aux États-Unis. J'ai cru convenable de l'adjoindre au premier volume des *Principes de Biologie*, parce que les questions qui y sont discutées sont traitées dans ce volume, et parce que les nouvelles explications qu'elle fournit paraissent nécessaires pour prévenir certaines méprises.

DE LA PRÉTENDUE GÉNÉRATION SPONTANÉE ET DE L'HYPOTHÈSE DES UNITÉS PHYSIOLOGIQUES.

Au directeur de la *North American Review*.

Monsieur,

Il n'y a le plus souvent guère de sagesse à relever les critiques d'adversaires : ou bien elles ne comportent pas de réponse ou bien on peut laisser à la pénétration des lecteurs le soin de la faire. Toutefois, quand les allégations d'un critique atteignent les propositions fondamentales d'un livre, et surtout quand elles paraissent dans un recueil du rang de la *North American Review*, les choses changent de face. C'est pour cela que l'article intitulé « Philosophical Biology » qui a paru

dans votre dernier numéro, s'impose à mon attention, plus que les critiques ordinaires.

Il est d'autant plus nécessaire pour moi de relever cet article, que les objections principales qu'il contient sont, l'une réellement juste, l'autre juste seulement en apparence; et que, faute d'explication de ma part, bien des lecteurs de mon ouvrage, la plupart peut-être, et plus encore ceux qui ne l'ont pas lu, considéreraient ces objections comme fondées. Ce qui me prouve que je dois dire un mot pour empêcher des malentendus de se répandre, c'est que ces deux mêmes objections out déjà été faites en Angleterre, l'une par le doceur Child, d'Oxford, dans ses *Essays on Physiological subjects*, et l'autre par un collaborateur de la *Westminster Review* de juillet 1865.

Dans la note à laquelle l'auteur de votre article fait allusion, j'ai, dit-il, répudié hautement la croyance à la *génération spontanée*, et je l'ai fait de manière à laisser la porte ouverte à l'interprétation qu'il présente. C'est vrai. Mais puisque le docteur Child, dont la critique est sympathique, raisonne de même d'après cette note, je dois croire que l'auteur de votre article n'a fait que tirer une conclusion qui paraît une conséquence nécessaire. Cependant ce résultat n'était pas dans mon intention.

» Je dois dire comme explication que je me trouve placé dans une situation réellement désavantageuse pour avoir dû omettre la partie du système de philosophie qui traite de l'évolution inorganique. On trouvera, dans le programme primitif de cet ouvrage, une allusion à cette partie que j'ai omise, qui aurait, comme je le disais alors, précédé les *Principes de Biologie*. Il manque deux volumes à mon ouvrage. Le chapitre final du second, s'il était écrit, traiterait de l'évolution de la matière organique, c'est-à-dire de la phase qui précède

l'évolution des formes vivantes. Ayant toujours présente à ma pensée la matière de ce chapitre qui n'a pas été écrit, je me suis quelquefois exprimé comme si le lecteur l'avait devant les yeux, et je me suis exposé par là à voir quelques-unes de mes propositions mal comprises. A part ce défaut, toutefois, l'explication de l'inconséquence que je parais avoir commise est très-simple, sinon très-évidente. En premier lieu, je ne crois pas à la *génération spontanée* telle qu'on l'admet communément, et à laquelle il est fait allusion dans une note; et j'ai si peu uni dans ma pensée cette prétendue *génération spontanée* à laquelle je ne crois pas, avec la génération par évolution à laquelle je crois, qu'en rejetant l'une, je n'ai jamais songé que je pouvais passer pour rejeter l'autre. Que des êtres ayant des *structures tout à fait spécifiques* se développent, dans le cours de quelques heures, sans antécédents capables de déterminer leurs formes spécifiques, c'est pour moi une chose incroyable. Non-seulement les principes reconnus de la biologie, mais ceux de la science en général, démentent l'hypothèse que des organismes pourvus de structures assez définies pour qu'on puisse reconnaître qu'ils appartiennent à des genres et à des espèces connues, puissent se produire en l'absence de germes dérivés d'organismes antécédents des mêmes genres et des mêmes espèces. Si un simple protoplasme pouvait recevoir subitement l'organisation qui constitue une paramécie, je ne vois pas de raison pour que des animaux d'une plus grande complexité ou d'une complexité quelconque, ne puissent pas se constituer de la même manière. Bref, je ne reconnais pas ces faits prétendus pour des exemples de l'évolution, parce qu'ils supposent quelque chose qui dépasse immensément ce que l'évolution, telle que je la comprends, peut accomplir. En second lieu, non-seulement je ne crois pas aux prétendus faits de *géné-*

ration spontanée, mais je ne crois pas à ceux qui leur ressemblent. L'idée même de spontanéité est complétement incompatible avec celle d'évolution. Aussi trouvé-je contestable l'expression de *variation spontanée* dont se sert Darwin (et lui-même ne la trouve pas irréprochable), et ai-je cherché à montrer qu'il y a toujours des causes assignables à la variation. Aucune forme de l'évolution inorganique ou organique ne saurait être spontanée; mais dans chaque cas, il faut que les forces antécédentes soient capables par leur quantité, leur espèce, leur distribution, d'opérer les effets qu'on observe. Ni les prétendus cas de *génération spontanée*, ni aucun des cas imaginables qui s'en rapprochent le moins du monde, ne remplissent cette condition.

Si, en acceptant ces prétendus cas de *génération spontanée* j'avais admis, comme l'auteur de votre article semble le faire, que l'évolution de la vie organique a commencé d'une façon analogue, je me serais exposé, j'en conviens, à une critique dangereuse pour moi. Cette prétendue *génération spontanée* se produit d'ordinaire dans les infusions qui contiennent, soit des matières organiques, soit des matières dérivées d'organismes; et cette matière organique, qui provient dans tous les cas connus d'organismes d'une espèce supérieure, implique la persistance de ces organismes. Y a-t-il une logique qui nous permette de conclure que la vie organique a commencé d'une manière analogue à celle dans laquelle les infusoires sont, dit-on, engendrés spontanément sous nos yeux? Où se trouvaient, avant que la vie eût commencé, les organismes supérieurs d'où les inférieurs ont tiré leur substance organique? Je ne conteste pas qu'il y ait des gens capables, ainsi que le dit l'auteur de l'article, « de pénétrer plus profondément que M. Spencer ne l'a fait le sens de l'idée de l'évolution universelle », et qui le prouvent (selon

lui) en acceptant la doctrine de la *génération spontanée*; mais je crois que je puis le pénétrer assez profondément pour connaître qu'il faut pour arriver à une hypothèse soutenable touchant l'origine de la vie organique, un autre fil conducteur que les expériences faites sur des décoctions de foin ou sur de l'extrait de bœuf.

Laissant ce que je ne crois pas, je passe à ce que je crois. Admettant que la formation de la matière organique et l'évolution de la vie dans ses formes inférieures peut s'opérer sous les conditions cosmiques existantes, mais croyant bien plus probable que la formation de cette matière et de ces formes a eu lieu à une époque où la chaleur de la surface terrestre tombait dans ces températures où les composés organiques supérieurs sont instables; je conçois que le passage de cette matière organique à l'état des formes les plus simples, a dû commencer par des portions de protoplasma plus petites, plus indéfinies, plus instables dans leurs caractères, que les rhizopodes inférieurs — moins faciles à distinguer d'un simple fragment d'albumine que n'est même le *protogène* du professeur Haeckel. L'évolution des formes organiques doit, comme toute autre évolution organique, avoir été le résultat des actions et des réactions entre ces types de début et leurs milieux, et aussi de la survie continuelle de ceux auxquels il est arrivé de posséder des particularités les mieux appropriées aux particularités de leurs milieux. Pour arriver par ce procédé aux formes comparativement bien caractérisées des infusoires ordinaires, il a fallu, selon moi une période de temps énorme.

Afin de prévenir autant que possible toute erreur à l'avenir, approfondissons cette conception pour répondre aux objections présentées. L'auteur de l'article veut que je doive, comme lui, admettre un « premier organisme ». Mais la con-

ception d'un « premier organisme » au sens ordinaire des mots, est complétement en désaccord avec la conception de l'évolution et ne l'est pas mieux avec les faits révélés par le microscope. Les êtres vivants les plus inférieurs ne sont pas, à proprement parler, des organismes; en effet, on n'y découvre pas de distinction de parties, pas de trace d'organisation. C'est presque un abus de langage que de les appeler « formes de vie »; non-seulement leur contour, quand on peut les distinguer, sont trop peu spécifiques pour comporter une description, mais ils changent de moment en moment, et ne sont jamais semblables, soit dans deux individus, soit dans le même individu. Le mot *type* même n'est applicable qu'en un sens très-vague; en effet, il n'y a que peu de constance dans leurs caractères génériques : selon les conditions ambiantes, ces êtres subissent des transformations tantôt d'une espèce, tantôt d'une autre. Le vague, l'inconstance, le manque de structure appréciable des plus simples êtres vivants que nous observons aujourd'hui sont des caractères (ou un manque de caractères) qui, dans l'hypothèse de l'évolution, ont dû être encore plus prononcés lorsque, comme au commencement, n'étaient encore façonnés aucune *forme*, aucun *type*, aucune *figure spécifique*. Ce « commencement absolu de la vie organique sur le globe », que l'auteur de l'article prétend que je « ne peux me dispenser d'admettre, » je le nie. L'affirmation de l'évolution universelle, est en elle-même la négation de l'« absolu commencement » de quoi que ce soit. Traduit en termes empruntés à la théorie de l'évolution, chaque espèce d'être se conçoit comme un produit de modifications opérées par gradation insensible sur une espèce d'être préexistante, et cela est et peut se dire aussi bien du « commencement de la vie organique » que l'on suppose, que de tous les développements subséquents de

la vie organique. Il n'y a pas plus de nécessité à supposer un « commencement absolu » de la vie organique ou un « premier organisme » qu'il n'y en a à supposer un commencement absolu de la vie sociale et un premier organisme social. Les faits ont prouvé que les premiers penseurs, avec leurs théories du « contrat social » et d'autres idées analogues, avaient eu tort d'admettre la nécessité d'un commencement absolu de la vie sociale; de même les faits, autant qu'ils sont dûment constatés, repoussent l'hypothèse de cette nécessité dans le premier cas. La substance organique n'a pas été produite tout d'un coup, mais peu à peu; les expériences des chimistes nous autorisent à le croire. Les substances organiques se produisent dans le laboratoire par ce que nous pouvons appeler littéralement une *évolution artificielle.* Les chimistes se reconnaissent incapables de former ces combinaisons complexes en combinant directement leurs éléments; ils y arrivent en les combinant indirectement par des modifications successives de combinaisons plus simples. Dans certains composés binaires, contenant plusieurs équivalents d'un même élément, on opère un changement en substituant à un de ces équivalents un équivalent de quelque autre élément. On produit ainsi un composé ternaire. Puis on remplace un autre équivalent, et ainsi de suite. Par exemple, en commençant par l'ammoniaque AzH^3, on obtient un produit supérieur si l'on remplace un des atomes d'hydrogène par un atome de méthyle, ce qui donne la méthylamine $Az(CH^3H^2)$; puis, en prolongeant l'action du méthyle, on arrive à une substitution nouvelle, qui donne une substance encore plus composée, la diméthylamine $Az(CH^3)(CH^3)H$. C'est ainsi que se trouvent à la fin construites des substances très-complexes. Il y a dans cette méthode un autre caractère qui n'est pas moins significatif.

On se sert de deux composés complexes pour engendrer, par leur action l'un sur l'autre, un composé d'une complexité encore plus grande : des molécules hétérogènes différentes d'un composé contractent un lien de parenté avec une molécule supérieure en hétérogénéité. C'est ainsi que l'on forme l'acide acétique avec ses éléments, et qu'à l'aide du procédé de substitution décrit ci-dessus, on change l'acide acétique en acide propionique, et l'acide propionique en acide butyrique, dont la formule est $\left\{\begin{matrix} C\,(CH^3)\,(CH^3)\,H \\ CO\,(HO) \end{matrix}\right\}$ puis ce composé complexe, agissant sur un autre composé complexe, tel que la diméthylamine, engendre un composé d'une complexité plus grande, le butyrate de diméthylamine

$$\left\{\begin{matrix} C\,(CH^3)\,(CH^3)\,H \\ CO\,(HO) \end{matrix}\right\} Az\,(CH^3)\,(CH^3)\,H.$$

Voyez cette analogie remarquable. Le progrès, qui tend vers des types supérieurs de molécules organiques, s'effectue par une accumulation de modifications, comme dans toute l'évolution en général. Chacune de ces modifications est un changement de la molécule qui se met en équilibre avec son milieu, une adaptation, pour ainsi dire, à de nouvelles conditions ambiantes auxquelles elle vient à se trouver soumise, comme dans toute l'évolution en général. Ainsi naissent des agrégats plus complexes ou plus hétérogènes les uns des autres, comme dans toute l'évolution en général. C'est par l'action de formes de plus en plus élevées les unes sur les autres, combinée avec celle des conditions ambiantes que l'on arrive aux formes les plus élevées, comme dans toute l'évolution en général.

Quand nous voyons aux deux extrêmes une méthode identique, quand nous voyons que les lois générales de l'évolution, telles que les révèlent les organismes connus, ont été obéies d'une manière inconsciente par les chimistes dans

l'évolution artificielle de la matière, nous ne pouvons guère douter que ces lois n'aient été obéies aussi dans l'évolution naturelle de la substance organique, et ensuite dans l'évolution des plus simples formes organiques. Dans le monde primitif, comme dans le laboratoire d'aujourd'hui, les types inférieurs de substances organiques, en agissant les uns sur les autres sous des conditions appropriées, ont produit par évolution les types supérieurs de substances organiques, aboutissant à un protoplasme organisable. On ne peut guère douter que la formation d'un protoplasme organisable, c'est-à-dire d'une substance modifiable de mille manières avec une facilité extrême, n'ait eu lieu de la même manière. Ainsi que je l'ai appris d'un de nos premiers chimistes, le professeur Frankland, la protéine est susceptible d'exister probablement sous plus de mille formes isomériques différentes, et, comme nous allons le voir, elle est capable de former avec elle-même et avec d'autres éléments des substances d'une composition encore plus compliquée, qui sont pour ainsi dire variées à l'infini. Exposée aux innombrables modifications de conditions que la surface de la terre a présentées, tantôt selon la quantité de lumière, tantôt selon la quantité de chaleur, tantôt par la qualité minérale de son milieu aqueux, cette substance entièrement modifiable a dû subir tantôt l'une, tantôt l'autre de ces innombrables métamorphoses. Enfin, aux influences que ses formes métamorphiques exercent les unes sur les autres sous des conditions favorables, nous pouvons attribuer la production de portions de matière organique, encore plus composées, encore plus sensibles, encore plus modifiables, qui, en masses plus ténues et plus simples que celles qui existent dans les *protozoaires*, ont manifesté des actions tendant peu à peu à devenir celles que nous appelons vitales, actions que la pro-

téine même manifeste à un certain degré, et que les plus inférieurs des êtres vivants connus ne manifestent qu'à un degré supérieur. Ainsi, partant des inductions tirées des expériences de la chimie organique à l'une des extrémités, et des inductions tirées des observations des biologistes à l'autre extrémité, nous sommes en état de franchir l'intervalle, de concevoir comment des composés organiques se sont développés, et comment, par une continuation de la même opération, la vie naissante manifestée dans un produit est devenue peu à peu plus prononcée. C'est là ce qu'il s'agit d'expliquer et ce quc les prétendus cas de *génération spontanée*, alors même qu'ils seraient prouvés, ne nous aideraient point à expliquer.

Il est donc évident, selon moi, que je ne suis pas tombé dans l'inconséquence que l'on prétend. J'admets, néanmoins, que l'auteur de votre article a eu le droit de supposer cette inconséquence, et je reconnais que j'ai eu tort de ne pas voir que ce que j'ai dit, tel que je l'ai formulé, pouvait prêter matière à un malentendu.

Je passe maintenant à une seconde allégation. On veut qu'en attribuant à certaines molécules spécifiques, que j'ai appelées « unités physiologiques », l'aptitude à s'arranger pour former la structure de l'organisme auquel elles sont particulières, j'aie abandonné mon propre principe, et que j'aie voulu dire quelque chose de plus que la redistribution de la matière et du mouvement. En réalité, cette inconséquence n'existe pas.

Avant d'essayer d'expliquer la justesse de la conception qu'on m'accuse d'avoir abondonnée comme insuffisante, je veux montrer qu'elle n'est point aussi improbable que le croit l'auteur de l'article, par suite du sens par trop restreint dans lequel il se sert du mot mécanique. « M. Spencer,

dit-il en discutant une de mes propositions, cite des remarques de M. Paget sur les effets permanents produits dans le sang par le virus de la scarlatine et de la variole, comme justification de la croyance que cette propriété » existe, et attribue la réparation d'un tissu usé à « des forces analogues à celles en vertu desquelles un cristal reproduit son sommet perdu. » « (Ni l'un ni l'autre de ces phénomènes n'est explicable par des causes mécaniques.) »

N'était l'intention à laquelle cette phrase répond, je la prendrais pour un lapsus calami. Telle qu'elle est, pourtant, je n'ai pas d'autre parti à prendre que de supposer que l'auteur ignore que les actions moléculaires de tous genres sont maintenant traitées comme des actions mécaniques, et que les calculs basés sur cette conception produisent des résultats conformes à l'observation. Il n'est aucune espèce de réarrangement entre les molécules (la cristallisation entre autres), que les physiciens modernes ne conçoivent et ne fassent entrer dans leurs raisonnements à l'état de forces et de mouvements semblables à ceux de masses appréciables. On regarde la polarité comme une résultante de ces forces et de ces mouvements, et lorsque, comme il arrive dans bien des cas, la lumière change la structure moléculaire d'un cristal et en modifie la polarité, c'est en imprimant à ses molécules constituantes de nouveaux mouvements, conformément aux lois mécaniques. Je suis d'autant plus surpris, que l'auteur de l'article présente la conception mécanique sous une forme si excessivement restreinte, qu'au début du livre même qu'il critique, j'ai, en divers passages, fondé des conclusions sur l'immense étendue de cette conception dont il ne tient pas compte; et j'indique, par exemple, l'interprétation que cette conception nous fournit pour les changements chimiques inorganiques produits par la chaleur et

les changements chimiques organiques produits par la lumière. (*Principes de Biologie*, § 13.)

Partant, donc, de l'idée que la notion ordinaire de l'action mécanique doit être grandement étendue, abordons la question qui fait l'objet du débat, à savoir si l'hypothèse est suffisante, d'après laquelle la structure de chaque organisme est déterminée par la polarité des molécules spéciales, ou unités physiologiques, qui lui est particulière en tant qu'espèce, et qui rend nécessaires en elle des tendances à des arrangements spéciaux. Ma proposition et la critique qu'en fait l'auteur de l'article se trouvent très-bien reproduites dans un passage que j'emprunte à son écrit, d'où j'ai déjà tiré des citations. « Toutefois, dit-il, on remarquera que M. Spencer attribue la possession de ces *tendances* ou *penchants* à une hérédité naturelle provenant des organismes ancêtres, et l'on peut soutenir qu'il sauve par là la théorie mécanique et sa propre logique à la fois, puisqu'il fait dériver en définitive du milieu les *tendances* elles-mêmes. Nous répondons que M. Spencer, qui défend l'hypothèse nébulaire, ne peut esquiver celle d'un commencement absolu de la vie organique sur le globe, et que les *tendances formatrices*, sans lesquelles il ne saurait expliquer l'évolution d'un seul individu, ne sauraient avoir existé chez le premier organisme en vertu de l'hérédité. En outre, en niant virtuellement la génération spontanée, il nie que le premier organisme se soit formé aux dépens du monde inorganique, et il se prive du droit de se servir de l'argument, d'ailleurs plausible, qui veut que les tendances de cet organisme aient été en définitive le résultat du milieu. »

Cette affirmation est déjà affaiblie dans une grande mesure par ce que nous avons déjà dit. En soutenant que, tout en n'étant pas le produit d'une « génération spontanée », ces

portions ténues de protoplasme, qui manifestaient d'abord à un faible degré l'aptitude à changer qui implique la vie, sont le résultat de l'évolution, je n'ai pas perdu le droit de dire que les « tendances » des unités physiologiques sont dérivées des effets des actions ambiantes transmis par hérédité. Si la conception d'un premier organisme était nécessaire, l'objection de l'auteur de l'article serait bonne. S'il y avait un « commencement absolu » de la vie, une ligne de démarcation nette, séparant la matière organique des formes vivantes les plus simples, je mériterais les critiques de l'auteur de l'article. Mais, comme la doctrine de l'évolution nie cette séparation tranchée, et comme nous voyons que cette négation est confirmée toujours plus par les faits à mesure que nous les connaissons mieux, je ne me sens pas pris dans la difficulté qu'on m'oppose. Ma réponse pouvait s'arrêter ici; mais, comme l'hypothèse en question est de celles qu'on ne conçoit pas aisément et qu'on est le plus exposé à mal comprendre, je veux essayer de l'éclaircir davantage.

Il y a maintenant beaucoup de faits qui concourent à prouver que les molécules des substances que nous appelons élémentaires, sont en réalité composées, et que par la combinaison de ces molécules entre elles et par les recombinaisons de leurs produits il se forme des systèmes de systèmes de molécules d'une complexité inimaginable. Pas à pas, à mesure que l'agrégat des molécules qui résulte de ces combinaisons, devient plus grand et augmente d'hétérogénéité, il devient plus instable et plus promptement transformable par les petites forces, plus capable de prendre des caractères variés. Les agrégats de molécules composant la matière organique l'emportent sur tous les autres par le volume et la complexité de la structure : c'est en eux que ces caractères arrivent à l'extrême. Ainsi que l'implique le nom de *protéine*,

la substance essentielle dont tout organisme se trouve construit se fait remarquer pareillement par la variété de ses métamorphoses et la facilité avec laquelle elle les subit; le plus léger changement dans les conditions suffit à la faire passer de l'une à l'autre de ces milles formes isomériques. Or il y a des faits qui nous autorisent à croire que, bien que ces innombrables formes isomériques de protéine ne s'unissent pas l'une à l'autre, elles sont susceptibles pourtant d'être rattachées ensemble par d'autres éléments avec lesquels elles se combinent. C'est une chose très-significative qu'on retrouve toujours deux autres éléments, le soufre et le phosphore, qui possèdent d'une manière toute spéciale la propriété de retenir ensemble plusieurs équivalents—l'un étant pentatomique, l'autre hexatomique. En sorte qu'on est en droit de supposer (d'après l'analogie) qu'un atome de soufre peut servir de trait d'union entre une demi-douzaine de formes isomériques différentes de protéine. De même pour le phosphore. Un moment de réflexion suffit pour montrer que, s'il existe un millier de formes isomériques de protéine, cette propriété rend possible un nombre de combinaisons que les figures n'ont plus guère le pouvoir d'exprimer. Les molécules qui en résultent dépassent en volume et en complexité celles de la protéine, comme celles-ci dépassent celles de la matière inorganique; il se peut donc qu'elles soient, selon ma conception, les unités spéciales qui appartiennent à des genres spéciaux d'organismes. Grâce à leur constitution, elles doivent avoir une plasticité ou une sensibilité sous l'influence des forces modificatrices, qui dépassent de beaucoup celles de la protéine; et si nous nous rappellons non-seulement que leurs variétés sont pour ainsi dire infinies, mais que les formes qui leur ressemblent de près, si chimiquement indifférentes l'une à

l'autre qu'elles doivent être, peuvent coexister dans le même agrégat, nous verrons qu'elles sont propres à entrer dans un nombre illimité de strutures organiques diverses.

L'existence des unités physiologiques particulières à chaque espèce d'organismes ne demeure pas inexpliquée. Elles se forment par évolution en même temps que les organismes qu'elles composent; elles se différencient autant que ces organismes se différencient, et se multiplient en espèces nombreuses par les mêmes actions qui multiplient les espèces des organismes qu'elles composent. Cette conception est susceptible d'être clairement représentée en termes de l'hypothèse mécanique. Tout physicien admettra la proposition, que dans chaque agrégat il tend à s'établir un équilibre entre les forces exercées par toutes les unités sur chacune et par chacune sur toutes. Même dans des masses de substance aussi rigides que le fer et le verre, il se fait un arrangement moléculaire, lent ou rapide, selon que les circonstances s'y prêtent; réarrangement qui finit seulement quand il existe un équilibre complet entre les actions des parties sur le tout, et les actions du tout sur les parties : ce qui veut dire que tout changement dans la forme ou le volume du tout nécessite une redistribution des parties.

Bien que, dans ces cas, il ne se fasse qu'un réarrangement polaire des molécules, sans changement dans les molécules mêmes; pourtant lorsque, comme il arrive souvent, l'état cristalloïde fait place au colloïde, il se fait dans les molécules mêmes un changement de constitution. Ces vérités ne sont pas limitées aux molécules inorganiques; elles sont vraies aussi de la matière organique. De même qu'il est certain que les molécules d'alun ont une forme d'équilibre, l'octaèdre, où elles arrivent quand la température de leur dissolvant leur permet de s'agréger, de même aussi il est certain que les mo-

lécules de chaque espèce, si complexes qu'elles soient, ont une forme d'équilibre où, lorsqu'elles s'agrégent, leurs forces sont contre-balancées, c'est-à-dire une forme bien moins fixe et définie, par la raison qu'elles ont des polarités bien moins définies, qu'elles sont bien plus instables et que leurs tendances sont plus facilement modifiées par les conditions ambiantes. Il est également certain que les molécules spéciales, ayant une structure organique spéciale comme leur forme d'équilibre, doivent subir la réaction des forces totales de cette structure : et que si des actions environnantes conduisent à des changements dans cette structure organique, ces molécules spéciales, ou unités physiologiques, soumises à une distribution modifiée des forces totales agissant sur elles, subissent une modification que leur extrême plasticité rendra active. Je conçois que c'est par cette action et cette réaction que les unités physiologiques particulières à chaque espèce d'organismes, ont été modelées en même temps que l'organisme lui-même. Depuis l'état où la protéine en petits agrégats a contracté ces différenciations très-simples, qui l'ont rendue propre à entrer dans des parties soumises à des conditions différentes de son milieu, il a dû se produire sans cesse des réajustements d'équilibre entre les agrégats et leurs unités, c'est-à-dire les actions et les réactions des deux, dans lesquelles les unités tendissent toujours à établir la forme typique produite par des actions et des réactions de toutes les générations antécédentes; tandis que l'agrégat, s'il changeait de forme par suite du changement des conditions ambiantes, tendait toujours à imprimer sur des unités un changement correspondant de polarité, qui fait que, dans la génération suivante, elles reproduisent la forme changée, c'est-à-dire leur nouvelle forme d'équilibre.

Telle est l'idée que j'ai voulu présenter, mais, à ce

qu'il paraît, sans succès dans les *Principes de Biologie*, et dont je me suis servi pour interpréter les phénomènes compliqués de genèse, d'hérédité et de variation. Il est un point seulement où je comprends que je me sois insuffisamment exprimé, et que j'aie donné lieu à une méprise : celle qu'a commise l'auteur de l'article de la *Revue de Westminster*, à laquelle j'ai fait allusion. Comme l'auteur de l'article de votre revue, il prétend que dans l'idée de « tendances inhérentes » j'ai introduit, sous un déguisement, la conception d'archée, de principe vital, de *nisus formativus*, etc. L'explication qui précède a répondu en partie à cette allégation.

J'ajouterai maintenant que le penchant qui porte les unités de chaque ordre vers l'arrangement spécifique qui se voit dans l'organisme qu'elles constituent, ne doit pas être compris comme le résultat de leurs propres structures et actions seulement, mais comme le produit de ces structures, des actions et des forces ambiantes auxquelles l'organisme est exposé. L'évolution organique ne se fait qu'à la condition que les masses de protoplasme formées par les unités physiologiques et les matériaux assimilables aux dépens desquels d'autres masses semblables doivent se multiplier, soient soumises à un certain degré de chaleur, c'est-à-dire à des chocs incessants d'ondulations d'une certaine force et d'une certaine durée; et, dans certaines limites, la rapidité avec laquelle les unités physiologiques passent de leur arrangement indéfini à l'arrangement défini qu'elles présentent actuellement, est proportionnée à la force des ondulations éthérées qui les frappent. Voici, dans sa forme complète, notre idée : les molécules spécifiques, qui possèdent l'immense complexité ci-dessus décrite, et des polarités d'une complexité correspondante, qui ne sauraient être contre-balancées par aucune forme simple d'agrégation, ont pour forme d'agrégation dans

laquelle toutes leurs forces sont équilibrées, la structure de l'organisme adulte auquel elles appartiennent; et elles sont poussées à prendre place dans cette structure par la coopération des forces environnantes qui agissent sur elles, et des forces qu'elles exercent les unes sur les autres. Les forces environnantes sont les sources de la *propriété* qui effectue le réarrangement, et les polarités des molécules déterminent la *direction* dans laquelle cette propriété s'exerce. Dans cette conception, il n'entre aucune trace de l'hypothèse d'une « archée » ou d'un « principe vital », et les principes de la physique moléculaire la justifient pleinement.

Toutefois, l'on objecte que le « corps vivant en son plein développement présente une longue succession de formes *différentes;* une série continue de changements pour toute la longueur de laquelle, suivant l'hypothèse de M. Spencer, les unités physiologiques doivent avoir une *tendance inhérente.* Y a-t-il rien qui mérite mieux qu'on l'appelle inconcevable?» Si l'on tient compte d'un élément oublié ici, la chose ne sera plus « inconcevable ». Je veux dire l'élément de volume ou de masse. Pour contre-balancer les polarités de chaque ordre d'unités physiologiques, il faut non-seulement une certaine structure d'organisme, mais un certain volume d'organisme; car la complexité de la structure adulte où les unités physiologiques trouvent leur équilibre ne saurait être représentée dans le petit volume de l'embryon. Dans bon nombre d'organismes de petites dimensions, où toute la masse des unités physiologiques nécessaires à la structure est présente, la chose même que l'on suppose devoir arriver arrive. La masse se construit sous la forme complète. Il en est ainsi des acares et des entozoaires nématoïdes. Mais, chez les animaux supérieurs, ces transformations directes ne sauraient arriver. La masse d'unités physiologiques nécessaires pour

produire le volume aussi bien que la structure qui les équilibre à peu près, n'est pas toute présente, mais doit se former par des additions successives, qui se font chez les animaux vivipares par l'absorption et la transformation en molécules spéciales de matériaux organisables fournis directement par le parent, et qui se font chez les ovipares par les mêmes opérations aux dépens des matériaux organisables qui se trouvent dans le *vitellus* déposé par le parent dans la même enveloppe que le germe. D'où il résulte que les unités physiologiques qui s'agrégent d'abord dans le rudiment de l'organisme futur, ne forment pas une structure comme celle de l'organisme adulte, lequel, lorsqu'il est de petite dimension, ne les contre-balance pas. Elles se distribuent de façon à satisfaire les plus importantes de leurs polarités complexes. La masse vaguement différenciée ainsi produite ne saurait, toutefois, demeurer en équilibre. Toute addition d'unités physiologiques, formées et intégrées par cette masse, change la distribution des forces; ce qui a un double effet : elle tend à modifier les différenciations déjà faites, en les rapprochant un peu de la structure dans laquelle se fait l'équilibre; et les unités physiologiques intégrées par la suite, étant désormais soumises à l'influence de l'agrégat des forces polaires exercées par la masse entière qui maintenant se rapproche un peu plus de la distribution définitive des forces polaires propres à l'organisme adulte, se trouvent forcées plus directement d'entrer dans la structure typique. Cela donne lieu à une série de compromis. Chacune des formes successives que prend la masse est inévitable et transitoire : la structure typique marchant parallèlement avec le volume typique.

Peut-être n'ai-je pas pas mieux réussi, par cette explication, que par la primitive à rendre cette opération « concevable ». Mais il est faux que j'aie ramené, sous un dégui-

sement, comme on l'a prétendu, la conception d'un « principe vital ». J'ai interprété le développement de l'embryon par la matière et le mouvement; on ne saurait le contester. L'interprétation est-elle suffisante? C'est une question d'appréciation; mais il est positif que je ne suis pas tombé dans l'inconséquence que me reproche l'auteur de votre article. En même temps j'admets qu'en l'absence de certaines propositions que je viens de présenter, il n'était pas sans quelque droit de représenter mes idées comme il l'a fait.

Mais, tout en reconnaissant que ce que votre auteur a dit sur ces deux points essentiels rentre dans les limites d'une critique légitime, je ne crois pas qu'il ait raison dans les objections qu'il élève contre mes idées générales.

En premier lieu, il donne une idée totalement fausse du mode d'interprétation qu'il critique. Il ne donne à ses lecteurs aucune notion de l'immense extension que la science moderne a donnée à la portée de la « théorie mécanique », qu'on applique maintenant à la solution de tous les phénomènes physiques; il a même restreint les applications de cette théorie, de manière à produire un semblant de difficulté où il n'y en a aucune. Les mots *mécanique* et *mécaniciste* sont, par l'usage, condamnés à éveiller dans tous les esprits des notions de masses visibles de matière agissant les unes sur les autres par des forces qu'on peut mesurer et qui produisent des mouvements sensibles. Faute d'explications servant à agrandir la conception que ces mots suggèrent, de manière à y faire rentrer les oscillations des molécules de matière et les ondulations des molécules d'éther qui remplissent l'espace entier, le lecteur instruit lui-même doit avoir une idée très-grossière de la *théorie mécanique*. Comment ne serait-il pas choqué de l'absurdité apparente qu'il y a à expliquer les phénomènes vitaux pa la mécanique? Mais

l'auteur de votre article ne dit rien qui puisse empêcher de se produire des erreurs de ce genre. Il ne fait pas saisir que la chaleur et l'électricité sont actuellement des modes « reconnus de mouvement » et que la plupart des phénomènes de ces deux ordres sont aujourd'hui expliqués mécaniquement. Il n'explique pas que la théorie *mécanique* dans sa forme large comprend des actions du genre de celles au moyen desquelles les variations des taches du soleil causent des variations dans nos aiguilles magnétiques et des actions du genre de celles à l'aide desquelles Sirius nous apprend quelles substances sont contenues dans son atmosphère. Il est vrai qu'il signale en passant les changements chimiques comme étant compris par moi dans la conception mécanique; mais c'est un point qui reste avec lui à l'état d'une proposition sèche, parfaitement inintelligible à la généralité des lecteurs; et dans l'exemple type qu'il donne de mon mode d'interprétation (le développement des vertèbres par des efforts transverses), il exclut résolûment les actions physico-chimiques et chimiques que j'admets parmi les causes de ce fait, et me représente comme attribuant entièrement les effets produits aux pressions et aux tensions causées par des mouvements musculaires (v. p. 408). Au lieu des idées de matière et de mouvement dont s'inspirent partout les *Principes de Biologie*, l'auteur fait supposer à tout le monde que, dans les problèmes biologiques, je ne dépasse pas les idées vulgaires de matière et de mouvement; et il veut me rendre responsable du plaisant désaccord qui en résulte!

Mais ce que je trouve le plus répréhensible dans sa critique, c'est qu'il persiste à donner le *Système de philosophie* que j'élabore, pour un système matérialiste. Il l'avait déjà fait une fois, et l'injustice de son procédé avait été relevée. Il sait que j'ai affirmé à plusieurs reprises que nos concep-

tions de matière et de mouvement ne sont que des symboles d'une réalité inconnaissable, que cette réalité ne saurait être l'objet que nous offre le symbole à sa place; et que, manifestée hors de la conscience sous les formes de matière et de mouvement, elle est la même que celle qui se manifeste dans la conscience sous forme de sentiment et de pensée. Il ne laisse pas pourtant de m'accuser de réduire tout à un mécanisme inanimé. Si ce qu'il dit (p. 383-4) a un sens. c'est qu'il existe des forces « opérant *ab extra* », une « puissance externe », qu'il appelle « mécanique », qui n'est pas comprise dans la force immanente dont l'univers est une manifestation; bien qu'il ne nous dise pas d'où elle vient. Il parle de cette idée comme si c'était la mienne; par là il semblerait que, selon moi, cette puissance externe, distincte de la cause inscrutable des choses, est ce qui modèle les organismes. Il sait pourtant, ou du moins il a tous les moyens de savoir, que je nie cette cause seconde. Ne m'a-t-il pas placé parmi les adversaires du dualisme? Je ne reconnais de force au dedans ou au dehors de l'organisme que les modes diversement conditionnés de la force immanente universelle; et partout j'attribue la totalité de l'opération de l'évolution à la coopération de ses modes diversement conditionnés, internes et externes. Telle a été l'idée qui m'a inspiré partout; il suffit, pour s'en convaincre, de relire la fin des *Premiers principes*.

« Un pouvoir dont la nature reste pour toujours inconcevable, et auquel on ne peut imaginer de limite dans le temps ou l'espace, produit en nous certains effets. Ces effets ont des ressemblances d'espèce, ce qui nous permet de les classer sous les noms de matière, mouvement, force; entre ces effets il y a une certaine ressemblance de connexion, ce qui nous permet de leur assigner des lois d'une haute certitude. L'analyse réduit ces diverses espèces d'effets à une

seule espèce d'effet, et ces diverses espèces de lois à une seule espèce de loi. Le couronnement de la science est l'interprétation de tous les ordres de phénomènes comme manifestations différemment conditionnées de cette espèce d'effet, sous les modes conditionnés de cette espèce de loi. Mais la science n'a encore fait que systématiser l'expérience; elle n'en a pas étendu les limites. Nous ne pouvons pas dire si les lois sont aussi absolument nécessaires qu'elles le sont devenues relativement pour notre pensée. Tout ce qui nous est possible, c'est d'interpréter le procès des choses comme il se présente à notre conscience bornée; mais nous sommes incapables d'en concevoir et encore moins d'en connaître le procès réel. On se rappellera aussi que si la connexion entre l'ordre phénoménal et l'ordre ontologique est à jamais impénétrable, la connexion entre les formes conditionnées et les formes inconditionnées de l'être est à jamais inscrutable. L'interprétation de tous les phénomènes en fonction de matière, de mouvement, de force, n'est rien de plus que la réduction de nos idées symboliques complexes à des symboles plus simples; et, lorsque l'équation a été réduite à sa plus simple expression, les symboles n'en sont pas moins des symboles. Par suite, les raisonnements qu'on peut suivre dans les pages précédentes ne fournissent aucun appui à aucune des hypothèses rivales sur la nature ultime des choses. Ils n'impliquent pas plus le matérialisme que le spiritualisme, et pas plus le spiritualisme que le matérialisme. Tout argument qui semble militer en faveur de ces hypothèses est aussitôt neutralisé par un argument de même valeur en faveur de l'autre. Le matérialiste, voyant que par une déduction nécessaire de la loi de corrélation, ce qui existe dans la conscience sous forme de sentiment peut se transformer en un équivalent de mouvement mécanique, et par conséquent en équi-

valents de toutes les autres forces manifestées par la matière, peut croire démontrée la matérialité des phénomènes de conscience. Mais le spiritualiste, partant de la même donnée, peut soutenir avec la même autorité que si les forces déployées par la matière ne sont connaissables que sous la forme de ces mêmes équivalents de conscience qu'elles produisent, il faut en conclure que ces forces, quand elles existent hors de la conscience, sont de la même nature que lorsqu'elles existent dans la conscience ; et qu'ainsi se justifie la conception spiritualiste, d'après laquelle le monde extérieur consiste en quelque chose d'essentiellement identique avec ce que nous appelons l'esprit. Évidemment, le principe de la corrélation et de l'équivalence des forces du monde intérieur et du monde extérieur peut servir à les assimiler les unes aux autres, selon que nous partons de l'un ou de l'autre. Mais ceux qui comprennent bien la doctrine de cet ouvrage verront qu'aucun de ces deux termes ne doit être pris comme fondement. Bien que la relation du sujet et de l'objet nous oblige à ces conceptions antithétiques de l'esprit et de la matière, l'une est tout autant que l'autre le signe de la réalité inconnue qui les supporte l'une et l'autre. »

Voilà la conception que votre auteur continue à appeler « mécanique » et « mécaniciste », sans donner à ses lecteurs aucun indice du sens restreint dans lequel ces mots peuvent être employés. S'il croit avoir en cela représenté mes idées avec exactitude, je ne saurais être de son avis.

HERBERT SPENCER.

FIN DU TOME PREMIER.

CATALOGUE

DE

LIVRES DE FONDS

(N° 2)

OUVRAGES HISTORIQUES

ET PHILOSOPHIQUES

TABLE DES MATIÈRES

PARIS

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET Cie

PROVISOIREMENT, 8, PLACE DE L'ODÉON

La Librairie sera transférée 108, boulevard Saint-Germain, le 1er octobre 1877.

—

MAI 1877

COLLECTION HISTORIQUE
DES GRANDS PHILOSOPHES

PHILOSOPHIE ANCIENNE

ARISTOTE (Œuvres d'), traduction de M. BARTHÉLEMY SAINT-HILAIRE.

— **Psychologie** (Opuscules) traduite en français et accompagnée de notes. 1 vol. in-8.............. 10 fr.

— **Rhétorique** traduite en français et accompagnée de notes. 1870, 2 vol. in-8.. .... 16 fr.

— **Politique**, 1868, 1 v. in-8 10 fr.

— **Physique**, ou leçons sur les principes généraux de la nature. 2 forts vol. in-8................. 20 fr.

— **Traité du ciel**, 1866 : traduit en français pour la première fois. 1 fort vol. grand in-8........... 10 fr.

— **Météorologie**, avec le petit traité apocryphe : *Du Monde*, 1863. 1 fort vol. grand in-8........... 10 fr.

— **Morale**, 1856, 3 v. gr. in-8. 24 fr.

— **Poétique**, 1858. 1 vol. in-8. 5 fr.

— **Traité de la production et de la destruction des choses**, traduit en français et accompagné de notes perpétuelles, 1666. 1 vol. gr. in-8.................... 10 fr.

— **De la logique d'Aristote**, par M. BARTHÉLEMY SAINT-HILAIRE. 2 volumes in-8.............. 10 fr.

SOCRATE. **La philosophie de Socrate**, par M. Alf. FOUILLÉE. 2 vol. in-8......... .... 16 fr.

PLATON. **La philosophie de Platon**, par M. Alfred FOUILLÉE. 2 volumes in-8................... 16 fr.

— **Études sur la Dialectique dans Platon et dans Hegel**, par M. Paul JANET. 1 vol. in-8... 6 fr.

PLATON et ARISTOTE. **Essai sur le commencement de la science politique**, par VAN DER REST. 1 vol. in-8.............. 10 fr.

ÉCOLE D'ALEXANDRIE. **Histoire critique de l'École d'Alexandrie**, par M. VACHEROT. 3 vol. in-8. 24 fr.

—**L'École d'Alexandrie**, par M. BARTHÉLEMY SAINT-HILAIRE. 1 vol. in-8. 6 fr.

MARC-AURÈLE. **Pensées de Marc-Aurèle**, traduites et annotées par M. BARTHÉLEMY SAINT-HILAIRE. 1 vol. in-18................ 4 fr. 50

RITTER. **Histoire de la philosophie ancienne**, trad. par TISSOT. 4 vol. in-8.................. 30 fr.

PHILOSOPHIE MODERNE

LEIBNIZ. **Œuvres philosophiques**, avec introduction et notes par M. Paul JANET. 2 vol. in-8. 16 fr.

— **La métaphysique de Leibniz et la critique de Kant**. Histoire et théorie de leurs rapports, par D. NOLEN. 1 vol. in-8.. 6 fr.

— **Leibniz et Pierre le Grand**, par FOUCHER DE CAREIL. 1 vol. in-8. 1874.................. 2 fr.

— **Lettres et opuscules de Leibniz**, par FOUCHER DE CAREIL, 1 vol. in-8................ 3 fr. 50

— **Leibniz, Descartes et Spinoza**, par FOUCHER DE CAREIL. 1 volume in-8................... 4 fr.

— **Leibniz et les deux Sophie**, par FOUCHER DE CAREIL. 1 volume in-8.................... 2 fr.

MALEBRANCHE. **La philosophie de Malebranche**, par M. OLLÉ LAPRUNE. 2 vol. in-8...... 16 fr.

VOLTAIRE. **La philosophie de Voltaire**, par M. Ern. BERSOT. 1 vol. in-18................. 2 fr. 50

— **Les sciences au XVIIIe siècle**. Voltaire physicien, par M. Em. SAIGEY. 1 vol. in-8......... 5 fr.

BOSSUET. **Essai sur la philosophie de Bossuet**, par Nourrisson, 1 vol. in-8............. 4 fr.

RITTER. **Histoire de la philosophie moderne**, traduite par P. Challemel-Lacour. 3 vol. in-8. 20 fr.

FRANCK (Ad.). **La philosophie mystique en France** au XVIIIe siècle, 1 vol. in-18.... 2 fr. 50

DAMIRON. **Mémoires pour servir à l'histoire de la philosophie au XVIIIe siècle**. 3 vol. in-8. 12 fr.

MAINE DE BIRAN. **Essai sur sa philosophie**, suivi de fragments inédits, par JULES GÉRARD. 1 fort vol. in-8. 1876............ 10 fr.

PHILOSOPHIE ECOSSAISE

DUGALD STEVART. **Éléments de la philosophie de l'esprit humain,** traduits de l'anglais par L. PEISSE. 3 vol. in-12........... 9 fr.

W. HAMILTON. **Fragments de philosophie,** traduits de l'anglais par L. PEISSE. 1 vol. in-8.. 7 fr. 50

— **La philosophie de Hamilton,** par J. STUART MILL. 1 v. in-8. 10 fr.

PHILOSOPHIE ALLEMANDE

KANT. **Critique de la raison pure,** trad. par M. TISSOT. 2 v. in-8. 16 fr.

— Même ouvrage, traduction par M. Jules BARNI. 2 vol. in-8, avec une introduction du traducteur, contenant l'analyse de cet ouvrage.... 16 fr.

— **Éclaircissements sur la critique de la raison pure,** traduits par J. TISSOT. 1 volume in-8................. 6 fr.

— **Critique du jugement,** suivie des *Observations sur les sentiments du beau et du sublime,* traduite par J. BARNI. 2 vol. in-8..... 12 fr.

— **Critique de la raison pratique,** précédée des *fondements de la métaphysique des mœurs,* traduite par J. BARNI. 1 vol. in-8... 6 fr.

— **Examen de la critique de la raison pratique,** traduit par M. J. BARNI. 1 vol. in-8....... 6 fr.

— **Principes métaphysiques du droit,** suivis du *projet de paix perpétuelle,* traduction par M. TISSOT. 1 vol. in-8.......... 8 fr.

— Même ouvrage, traduction par M. Jules BARNI. 1 vol. in-8... 8 fr.

— **Principes métaphysiques de la morale,** augmentés des *fondements de la métaphysique des mœurs,* traduct. par M. TISSOT. 1 v. in-8. 8 fr.

— Même ouvrage, traduction par M. Jules BARNI avec une introduction analytique. 1 vol. in-8...... 8 fr.

— **La logique,** traduction par M. TISSOT. 1 vol. in-8..... 4 fr.

— **Mélanges de logique,** traduction par M. TISSOT. 1 vol. in-8.. 6 fr.

KANT. **Prolégomènes à toute métaphysique future** qui se présentera comme science, traduction de M. TISSOT. 1 vol. in-8... 6 fr.

— **Anthropologie,** suivie de divers fragments relatifs aux rapports du physique et du moral de l'homme, et du commerce des esprits d'un monde à l'autre, traduction par M. TISSOT. 1 vol. in-8. ... 6 fr.

— **La critique de Kant et la métaphysique de Leibniz.** Histoire et théorie de leurs rapports, par D. NOLEN. 1 vol. in-8. 1875. 6 fr.

— **Examen de la critique de Kant,** par SARCHI. 1 vol. grand in-8................... 4 fr.

FICHTE. **Méthode pour arriver à la vie bienheureuse,** traduite par Francisque BOUILLIER. 1 vol. in-8................. 8 fr.

— **Destination du savant et de l'homme de lettres,** traduite par M. NICOLAS. 1 vol. in-8.... 3 fr.

— **Doctrines de la science.** Principes fondamentaux de la science de la connaissance, traduits par GRIMBLOT. 1 vol. in-8..... 9 fr.

SCHELLING. **Bruno** ou du principe divin, trad. par Cl. HUSSON. 1 vol. in-8................. 3 fr. 50

— **Idéalisme transcendental.** 1 vol. in-8........... 7 fr. 50

— **Écrits philosophiques** et morceaux propres à donner une idée de son système, trad. par Ch. BÉNARD. 1 vol. in-8......... 9 fr.

HEGEL. **Logique**, traduction par A. VÉRA. 2e édition. 2 volumes in-8.................. 14 fr.

— **Philosophie de la nature**, traduction par A. VÉRA. 3 volumes in-8.................. 25 fr.
Prix du tome II..... 8 fr. 50
Prix du tome III..... 8 fr. 50

— **Philosophie de l'esprit**, traduction par A. VÉRA. 2 volumes in-8................. 18 fr.

— **Philosophie de la religion**, traduction par A. VÉRA. 2 vol. in-8. Tome Ier............. 10 fr.

— **Introduction à la philosophie de Hegel**, par A. VÉRA. 1 volume in-8................. 6 fr. 50

— **Essais de philosophie hégélienne**, par A. VÉRA. 1 volume in-18............... 2 fr. 50

— **L'Hégélianisme et la philosophie**, par M. VÉRA. 1 volume in-18............... 3 fr. 50

— **Antécédents de l'Hegelianisme dans la philosophie française**, par BEAUSSIRE. 1 vol. in-18................ 2 fr. 50

HEGEL. **La dialectique dans Hegel et dans Platon**, par Paul JANET. 1 vol. in-8............. 6 fr.

HEGEL. **La Poétique**, traduction par Ch. BÉNARD, précédée d'une préface et suivie d'un examen critique. Extraits de Schiller, Gœthe, Jean Paul, etc., et sur divers sujets relatifs à la poésie. 2 volumes in-8.................. 12 fr.

— **Esthétique**. 2 vol. in-8, traduits par M. BÉNARD........... 16 fr.

RICHTER (Jean-Paul). **Poétique** ou **Introduction à l'esthétique**, traduit de l'allemand par Alex. BUCHNER et Léon DUMONT. 2 vol. in-8. 15 fr.

HUMBOLDT (G. de). **Essai sur les limites de l'action de l'État**, traduit de l'allemand, et précédé d'une Étude sur la vie et les travaux de l'auteur, par M. CHRÉTIEN. 1 vol. in-18........... 3 fr. 50

— **La philosophie individualiste**, étude sur G. de HUMBOLDT, par CHALLEMEL-LACOUR. 1 volume in-18. 2 fr. 50

STAHL. **Le Vitalisme et l'Animisme de Stahl**, par Albert LEMOINE. 1 vol. in-18.... 2 fr. 50

LESSING. **Le Christianisme moderne**. Étude sur Lessing, par FONTANÈS. 1 vol. in-18.. 2 fr. 50

PHILOSOPHIE ALLEMANDE CONTEMPORAINE

L. BUCHNER. **Science et nature**, traduction de l'allemand, par Aug. DELONDRE. 2 vol. in-18.... 5 fr.

— **Le Matérialisme contemporain**. Examen du système du docteur Büchner, par M. P. JANET. 2e édit. 1 vol. in-18.. 2 fr. 50

HARTMANN (E. de). **La Religion de l'avenir**. 1 vol. in-18.. 2 fr. 50

— **La philosophie de l'inconscient**, traduit par M. D. NOLEN. 2 vol. in-8. 1876....... 20 fr.

— **Darwinisme**, ce qu'il y a de vrai et de faux dans cette doctrine, traduit par M. G. GUÉROULT. 1 vol. in-18................ 2 fr. 50

— **La philosophie allemande du XIXe siècle dans ses représentants principaux**, traduit par M. D. NOLEN. 1 vol. in-8.... 5 fr.

HÆCKEL. **Hæckel et la théorie de l'évolution en Allemagne**, par Léon DUMONT. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

LOTZE (H.). **Principes généraux de psychologie physiologique**, traduits par M. PENJON. 1 volume in-18. 2 fr. 50

STRAUSS. **L'ancienne et la nouvelle foi de Strauss**, par VÉRA. 1 vol. in-8............. 6 fr.

MOLESCHOTT. **La Circulation de la vie**, Lettres sur la physiologie, en réponse aux Lettres sur la chimie de Liebig, traduction de l'allemand par M. CAZELLE. 2 volumes in-18. 5 fr.

SCHOPENHAUER. **Essai sur le libre arbitre**, traduit de l'allemand. 1 vol. in-18................ 2 fr. 50

— **Philosophie de Schopenhauer**, par Th. RIBOT. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

PHILOSOPHIE ANGLAISE CONTEMPORAINE

STUART MILL. **La philosophie de Hamilton.** 1 fort vol. in-8, trad. de l'anglais par E. CAZELLES.. 10 fr.

— **Mes Mémoires.** Histoire de ma vie et de mes idées, traduits de l'anglais par E. CAZELLES. 1 volume in-8............... 5 fr.

— **Système de logique** déductive et inductive. Exposé des principes de la preuve et des méthodes de recherche scientifique, traduit de l'anglais par M. Louis PEISSE. 2 vol. in-8............ 20 fr.

— **Essais sur la Religion**, traduits de l'anglais, par E. CAZELLES. 1 vol. in-8.............. 5 fr.

— **Le positivisme anglais**, étude sur Stuart Mill, par H. TAINE. 1 volume in-18............ 2 fr. 50

— **Stuart Mill et Aug. Comte**, par M. LITTRÉ, suivi de *Stuart Mill et la Philosophie positive*, par M. G. Wyrouboff. 1 vol. in-8..... 2 fr.

HERBERT SPENCER. **Les premiers Principes.** 1 fort vol. in-8, trad. de l'anglais par M. CAZELLES... 10 fr.

— **Principes de psychologie**, traduits de l'anglais par MM. Th. RIBOT et ESPINAS. 2 vol. in-8.... 20 fr.

— **Principes de biologie**, traduits par M. CAZELLES. 2 forts volumes in-8. Tome I. 10 fr.

— **Introduction à la Science sociale.** 1 v. in-8 cart. 3e éd. 6 fr.

— **Principes de sociologie.** (*Sous presse.*)

— **Classification des Sciences.** 1 vol. in-18 .... 2 fr. 50

— **Essai sur l'éducation.** 1 vol. in-18................. 2 fr. 50

— **Essais sur le progrès.** 1 vol. in-8. 5 fr.

BAIN. **Des Sens et de l'Intelligence.** 1 vol. in-8, traduit de l'anglais par M. CAZELLES 10 fr.

— **Les émotions et la volonté.** 1 volume in-8. (*Sous presse.*)

BAIN. **La logique inductive et déductive**, traduite de l'anglais par M. COMPAYRÉ. 2 vol. in-8.. 20 fr.

— **L'esprit et le corps.** 1 volume in-8, cartonné, 2e édition.. 6 fr.

DARWIN. **Ch. Darwin et ses précurseurs français**, par M. de QUATREFAGES. 1 vol. in-8.. 5 fr.

— **Descendance et Darwinisme**, par Oscar SCHMIDT. 1 volume in-8, cart............... 6 fr.

— **Le Darwinisme**, ce qu'il y a de vrai et de faux dans cette doctrine, par E. DE HARTMANN. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

— **Le Darwinisme**, par ÉM. FERRIÈRE. 1 vol. in-18..... 4 fr. 50

CARLYLE. **L'idéalisme anglais**, étude sur Carlyle, par H. TAINE. 1 vol. in-18........... 2 fr. 50

BAGEHOT. **Lois scientifiques du développement des nations** dans leurs rapports avec les principes de la sélection naturelle et de l'hérédité. 1 vol. in-8, 2e édit. 6 fr.

RUSKIN (JOHN). **L'esthétique anglaise**, étude sur J. Ruskin, par MILSAND. 1 vol. in-18 ... 2 fr. 50

MAX MULLER. **La Science de la Religion.** 1 vol. in-18.. 2 fr. 50

— **Amour allemand.** 1 volume in-18 .... 3 fr. 50

MATTHEW ARNOLD. **La crise religieuse**, traduit de l'anglais. 1 vol in-8. 1876........... 7 fr. 50

FLINT. **La philosophie de l'histoire**, traduit de l'anglais par M. L. CARRAU. (*Sous presse.*)

RIBOT (Th.). **La psychologie anglaise contemporaine** (James Mill, Stuart Mill, Herbert Spencer, A. Bain, G. Lewes, S. Bailey, J.-D. Morell, J. Murphy), 1875. 1 vol. in-8, 2e édition....... 7 fr. 50

Bost.

Le Protestantisme libéral. 1 v.

Francisque Bouillier.

Du Plaisir et de la Douleur. 1 v.
De la Conscience. 1 vol.

Ed. Auber.

Philosophie de la médecine. 1 vol.

Leblais.

Matérialisme et Spiritualisme, précédé d'une Préface par M. E. Littré. 1 vol.

Ad. Garnier.

De la Morale dans l'antiquité, précédé d'une Introduction par M. Prevost-Paradol. 1 vol.

Schœbel.

Philosophie de la raison pure. 1 vol.

Tissandier.

Des sciences occultes et du Spiritisme. 1 vol.

J. Moleschott.

La Circulation de la vie. Lettres sur la physiologie, en réponse aux Lettres sur la chimie de Liebig, trad. de l'allem. 2 vol.

Ath. Coquerel fils.

Origines et Transformations du Christianisme. 1 vol.
La Conscience et la Foi. 1 vol.
Histoire du Credo. 1 vol.

Jules Levallois.

Déisme et Christianisme. 1 vol.

Camille Selden.

La Musique en Allemagne. Étude sur Mendelssohn. 1 vol.

Fontanès.

Le Christianisme moderne. Étude sur Lessing. 1 vol.

Saigey.

La Physique moderne. 1 vol.

Mariano.

La Philosophie contemporaine en Italie. 1 vol.

Stuart Mill.

Auguste Comte et la Philosophie positive, trad. de l'angl. 1 vol.

Ernest Bersot.

Libre philosophie. 1 vol.

A. Réville.

Histoire du dogme de la divinité de Jésus-Christ. 2[e] éd. 1 vol.

W. de Fonvielle.

L'Astronomie moderne. 1 vol.

C. Coignet.

La Morale indépendante. 1 vol.

E. Boutmy.

Philosophie de l'architecture en Grèce. 1 vol.

Et. Vacherot.

La Science et la Conscience. 1 v.

Ém. de Laveleye.

Des formes de gouvernement. 1 vol.

Herbert Spencer.

Classification des Sciences. 1 v.
Essai sur l'éducation. 1 vol.

Gauckler.

Le Beau et son histoire. 1 v.

Max Müller.

La Science de la Religion. 1 v.

Léon Dumont.

Haeckel et la théorie de l'évolution en Allemagne. 1 vol.

Bertauld.

L'ordre social et l'ordre moral. 1 vol.
De la philosophie sociale. 1 vol.

Th. Ribot.

Philosophie de Schopenhauer 1 vol.

Al. Herzen.

Physiologie de la volonté. 1 vol.

Bentham et Grote.

La Religion naturelle. 1 vol.

Hartmann.

La Religion de l'avenir. 1 vol.
Le darwinisme. 1 vol.

Schopenhauer

Le libre arbitre. 1 vol.

BIBLIOTHÈQUE DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

FORMAT IN-8

Volumes à 5 fr., 7 fr. 50 et 10 fr.

JULES BARNI. **La morale dans la démocratie.** 1 vol. 5 fr.

AGASSIZ. **De l'espèce et des classifications,** traduit de l'anglais par M. Vogeli. 1 vol. 5 fr.

STUART MILL. **La philosophie de Hamilton,** traduit de l'anglais par M. Cazelles. 1 fort vol. 10 fr.

STUART MILL. **Mes mémoires.** Histoire de ma vie et de mes idées. traduit de l'anglais par M. E. Cazelles. 1 vol. 5 fr.

STUART MILL. **Système de logique** déductive et inductive. Exposé des principes de la preuve et des méthodes de recherche scientifique, traduit de l'anglais par M. Louis Peisse. 2 vol. 20 fr.

STUART MILL. **Essais sur la Religion,** traduits de l'anglais, par M. E. Cazelles. 1 vol. 5 fr.

DE QUATREFAGES. **Ch. Darwin et ses précurseurs français.** 1 vol. 5 fr.

HERBERT SPENCER. **Les premiers principes.** 1 fort vol. traduit de l'anglais par M. Cazelles. 10 fr.

HERBERT SPENCER. **Principes de psychologie,** traduits de l'anglais par MM. Th. Ribot et Espinas. 2 vol. 20 fr.

HERBERT SPENCER. **Principes de biologie,** traduits par M. Cazelles. 2 vol. in-8. Tome I. 1 vol. 10 fr.

HERBERT SPENCER. **Principes de sociologie.** (*Sous presse.*)

HERBERT SPENCER. **Essais sur le progrès,** traduits de l'anglais par M. Burdeau. 1 vol. in-8. 1877. 5 fr.

AUGUSTE LAUGEL. **Les problèmes** (Problèmes de la nature, problèmes de la vie, problèmes de l'âme). 1 fort vol. 7 fr. 50

ÉMILE SAIGEY. **Les sciences au XVIIIe siècle,** la physique de Voltaire. 1 vol. 5 fr.

PAUL JANET. **Histoire de la science politique** dans ses rapports avec la morale, 2e édition, 2 vol. 20 fr.

PAUL JANET. **Les causes finales.** 1 vol in-8. 1876. 10 fr.

TH. RIBOT. **De l'Hérédité.** 1 vol. 10 fr.

TH. RIBOT. **La psychologie anglaise contemporaine.** 1 vol. 2e édition. 1875. 7 fr. 50

HENRI RITTER. **Histoire de la philosophie moderne,** traduction française, précédée d'une introduction par M. P. Challemel-Lacour, 3 vol. 20 fr.

ALF. FOUILLÉE. **La liberté et le déterminisme.** 1 v. 7 fr. 50

DE LAVELEYE. **De la propriété et de ses formes primitives.** 1 vol. 7 fr. 50

BAIN. **La logique inductive et déductive,** traduit de l'anglais par M. Compayré. 2 vol. 20 fr.

BAIN. **Des sens et de l'intelligence.** 1 vol. traduit de l'anglais par M. Cazelles. 10 fr.

BAIN. **Les émotions et la volonté.** 1 fort vol. (*Sous presse.*)

MATTHEW ARNOLD. **La crise religieuse.** 1 vol. in-8. 1876. 7 fr. 50

BARDOUX. **Les légistes et leur influence sur la société française.** 1 vol. in-8. 1877. 5 fr.

HARTMANN (E. DE). **La philosophie de l'inconscient,** traduite de l'allemand par M. D. Nolen, avec une préface de l'auteur écrite pour l'édition française. 2 vol. in-8. 1877. 20 fr.

HARTMANN (E. DE). **La philosophie allemande du XIXe siècle dans ses représentants principaux,** traduit de l'allemand par M. D. Nolen. 1 vol. in-8. (*Sous presse.*)

FLINT. **La philosophie de l'histoire,** traduit de l'anglais par M. Ludovic Carrau. 1 vol. in-8. (*Sous presse.*)

BIBLIOTHÈQUE

D'HISTOIRE CONTEMPORAINE

Vol. in-18 à 3 fr. 50. Cart. 4 fr. — Vol. in-8 à 7 fr. Cart. 8 fr.

EUROPE

HISTOIRE DE L'EUROPE PENDANT LA RÉVOLUTION FRANÇAISE, par *H. de Sybel*. Traduit de l'allemand par Mlle Dosquet. 3 vol. in-8. . . 21 »
Chaque volume séparément . . . . 7 »

FRANCE

HISTOIRE DE LA RÉVOLUTION FRANÇAISE, par *Carlyle*, traduite de l'anglais. 3 vol. in-18; chaque volume. 3 50
NAPOLÉON Ier ET SON HISTORIEN M. THIERS, par *Barni*. 1 vol. in-18. 3 50
HISTOIRE DE LA RESTAURATION, par *de Rochau*. 1 vol. in-18, traduit de l'allemand. 3 50
HISTOIRE DE DIX ANS, par *Louis Blanc*. 5 vol. in-8. . . . . 25 »
Chaque volume séparément . . . . 5 »
HISTOIRE DE HUIT ANS (1840-1848), par *Élias Regnault*. 3 vol. in-8.. 15 »
Chaque volume séparément . . . . 5 »
HISTOIRE DU SECOND EMPIRE (1848-1870), par *Taxile Delord*. 6 volumes in-8. . . . . 42 »
Chaque volume séparément . . . . 7 »
LA GUERRE DE 1870-1871, par *Boert*, d'après le colonel fédéral suisse Rustow. 1 vol. in-18. . . . . 3 50
LA FRANCE POLITIQUE ET SOCIALE, par *Aug. Laugel*. 1 volume in-8. 7 »

ANGLETERRE

HISTOIRE GOUVERNEMENTALE DE L'ANGLETERRE, DEPUIS 1770 JUSQU'A 1830, par sir *G. Cornewal Lewis*. 1 vol. in-8, traduit de l'anglais . . . . . 7 »
HISTOIRE DE L'ANGLETERRE depuis la reine Anne jusqu'à nos jours, par *H. Reynald*. 1 vol. in-18. . . . . 3 50
LES QUATRE GEORGES, par *Tackeray*, trad. de l'anglais par Lefoyer. 1 vol. in-18. . . . . 3 50
LA CONSTITUTION ANGLAISE, par *W. Bagehot*, traduit de l'anglais. 1 vol. in-18. . . . . 3 50
LOMBART-STREET, le marché financier en Angleterre, par *W. Bagehot*. 1 vol. in-18. . . . . 3 50
LORD PALMERSTON ET LORD RUSSEL, par *Aug. Laugel*. 1 volume in-18 (1876) 3 50

ALLEMAGNE

LA PRUSSE CONTEMPORAINE ET SES INSTITUTIONS, par *K. Hillebrand*. 1 vol. in-18. . . . . 3 50
HISTOIRE DE LA PRUSSE, depuis la mort de Frédéric II jusqu'à la bataille de Sadowa, par *Eug. Véron*. 1 vol. in-18 . . . . 3 50
HISTOIRE DE L'ALLEMAGNE, depuis la bataille de Sadowa jusqu'à nos jours, par *Eug. Véron*. 1 vol. in-18. . . . . 3 50
L'ALLEMAGNE CONTEMPORAINE, par *Ed. Bourloton*. 1 vol. in-18, . . . 3 50

AUTRICHE-HONGRIE

Histoire de l'Autriche, depuis la mort de Marie-Thérèse jusqu'à nos jours, par *L. Asseline*. 1 volume in-18 . . . . 3 50
Histoire des Hongrois et de leur littérature politique de 1790 à 1815, par *Ed. Sayous*. 1 vol. in-18. 3 50

ESPAGNE

L'Espagne contemporaine, journal d'un voyageur, par *Louis Teste*. 1 vol. in-18. . . . . 3 50
Histoire de l'Espagne, depuis la mort de Charles III jusqu'à nos jours, par *H. Reynald*, 1 vol. in-18. . . . . 3 50

RUSSIE

La Russie contemporaine, par *Herbert Barry*, traduit de l'anglais. 1 vol. in-18. . . . . 3 50
Histoire contemporaine de la Russie, par *F. Brunetière*. 1 volume in-18. . . . . 3 50

SUISSE

La Suisse contemporaine, par *H. Dixon*. 1 vol. in-18, traduit de l'anglais. 3 50

SCANDINAVIE

Histoire des Etats scandinaves, depuis la mort de Charles XII jusqu'à nos jours, par *Alfred Deberle*. 1 vol. in-18 . . . . 3 50

ITALIE

Histoire de l'Italie, depuis 1815 jusqu'à nos jours, par *Elie Sorin*. 1 vol. in-18 . . . . 3 50

AMÉRIQUE

Histoire de l'Amérique du Sud, depuis sa conquête jusqu'à nos jours, par *Alf. Deberle*. 1 vol. in-18. . . . . 3 50
Les Etats-Unis pendant la guerre, 1861-1865. Souvenirs personnels, par *Aug. Laugel*. 1 vol. in-18. . . . . 3 50

Eug. Despois. Le Vandalisme révolutionnaire. Fondations littéraires, scientifiques et artistiques de la Convention. 1 vol. in-18. . . . . . 3 50
Victor Meunier. Science et Démocratie. 2 vol. in-18, chacun séparément 3 50
Jules Barni. Histoire des idées morales et politiques en France au xviii[e] siècle. 2 vol. in-18, chaque volume 3 50
— Napoléon I[er] et son historien M. Thiers. 1 vol. in-18. . . . 3 50
— Les Moralistes français au xviii[e] siècle. 1 vol. in 18. . . . 3 50
Émile Montégut. Les Pays-Bas. Impressions de voyage et d'art. 1 vol. in-18. . . . . 3 50
Émile Beaussire. La guerre étrangère et la guerre civile. 1 vol. in-18. . . . . 3 50
J. Clamageran. La France républicaine. 1 volume in-18. . . 3 50
E. Duvergier de Hauranne. La République conservatrice. 1 vol. in-18 . . . . 3 50

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE

INTERNATIONALE

La *Bibliothèque scientifique internationale* n'est pas une entreprise de librairie ordinaire. C'est une œuvre dirigée par les auteurs mêmes, en vue des intérêts de la science, pour la populariser sous toutes ses formes, et faire connaître immédiatement dans le monde entier les idées originales, les directions nouvelles, les découvertes importantes qui se font chaque jour dans tous les pays. Chaque savant exposera les idées qu'il a introduites dans la science et condensera pour ainsi dire ses doctrines les plus originales.

On pourra ainsi, sans quitter la France, assister et participer au mouvement des esprits en Angleterre, en Allemagne, en Amérique, en Italie, tout aussi bien que les savants mêmes de chacun de ces pays.

La *Bibliothèque scientifique internationale* ne comprend pas seulement des ouvrages consacrés aux sciences physiques et naturelles, elle aborde aussi les sciences morales comme la philosophie, l'histoire, la politique et l'économie sociale, la haute législation, etc.; mais les livres traitant des sujets de ce genre se rattacheront encore aux sciences naturelles, en leur empruntant les méthodes d'observation et d'expérience qui les ont rendues si fécondes depuis deux siècles.

Cette collection paraît à la fois en français, en anglais, en allemand, en russe et en italien : à Paris, chez Germer Baillière et Cie ; à Londres, chez Henry S. King et Co; à New-York, chez Appleton; à Leipzig, chez Brockhaus; à Saint-Pétersbourg, chez Koropchevski et Goldsmith, et à Milan, chez Dumolard frères.

EN VENTE :

VOLUMES IN-8, CARTONNÉS A L'ANGLAISE A 6 FRANCS

Les mêmes, en demi-reliure, veau. — 10 francs.

J. TYNDALL. **Les glaciers et les transformations de l'eau**, avec figures. 1 vol. in-8. 2e édition. 6 fr.

MAREY. **La machine animale**, locomotion terrestre et aérienne, avec de nombreuses figures. 1 vol. in-8. 2e édition. 6 fr.

BAGEHOT. **Lois scientifiques du développement des nations** dans leurs rapports avec les principes de la sélection naturelle et de l'hérédité. 1 vol. in-8, 2e édition. 6 fr.

BAIN. **L'esprit et le corps**. 1 vol. in-8, 2e édition. 6 fr.

PETTIGREW. **La locomotion chez les animaux**, marche, natation. 1 vol. in-8 avec figures. 6 fr.

HERBERT SPENCER. **La science sociale.** 1 vol. in-8. 3[e] éd. 6 fr.

VAN BENEDEN. **Les commensaux et les parasites dans le règne animal.** 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.

O. SCHMIDT. **La descendance de l'homme et le darwinisme.** 1 vol. in-8 avec figures, 2[e] édition. 6 fr.

MAUDSLEY. **Le Crime et la Folie.** 1 vol. in-8. 2[e] édition. 6 fr.

BALFOUR STEWART. **La conservation de l'énergie**, suivie d'une étude sur la nature de la force, par *M. P. de Saint-Robert*, avec figures. 1 vol. in-8, 2[e] édition. 6 fr.

DRAPER. **Les conflits de la science et de la religion.** 1 vol. in-8, 3[e] édition. 6 fr.

SCHUTZENBERGER. **Les fermentations.** 1 vol. in-8, avec fig. 2[e] édition. 6 fr.

L. DUMONT. **Théorie scientifique de la sensibilité.** 1 vol. in-8. 6 fr.

WHITNEY. **La vie du langage.** 1 vol. in-8. 2[e] éd. 6 fr.

COOKE ET BERKELEY. **Les champignons.** 1 v. in-8, avec fig. 6 fr.

BERNSTEIN. **Les sens.** 1 vol. in-8, avec 91 figures. 2[e] édit. 6 fr.

BERTHELOT. **La synthèse chimique.** 1 vol. in-8, 2[e] édit. 6 fr.

VOGEL. **La photographie et la chimie de la lumière**, avec 95 fig. 1 vol. in-8. 6 fr.

LUYS. **Le cerveau et ses fonctions**, avec figures. 1 vol. in-8, 2[e] édition. 6 fr.

STANLEY JEVONS. **La monnaie et le mécanisme de l'échange.** 1 vol. in-8. 6 fr.

FUCHS. **Les volcans.** 1 vol. in-8, avec figures dans le texte et une carte en couleurs. 6 fr.

GÉNÉRAL BRIALMONT. **Les camps retranchés et leur rôle dans la défense des États**, avec fig. dans le texte et 2 planches hors texte. 6 fr.

DE QUATREFAGES. **L'espèce humaine.** 1 vol. in-8. 2[e] édition, 1877. 6 fr.

BLASERNA ET HELMOLTZ. **Le son et la musique**, et *les Causes physiologiques de l'harmonie musicale.* 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.

OUVRAGES SUR LE POINT DE PARAITRE :

ROSENTHAL. **Les nerfs et les muscles.**

BRUCKE. **Théorie scientifique des arts.**

SECCHI (le Père). **Les étoiles.**

BALBIANI. **Les Infusoires.**

BROCA. **Les primates.**

CLAUDE BERNARD. **Histoire des théories de la vie.**

É. ALGLAVE. **Les principes des constitutions politiques.**

FRIEDEL. **Les fonctions en chimie organique.**

RECENTES PUBLICATIONS

HISTORIQUES ET PHILOSOPHIQUES

Qui ne se trouvent pas dans les Bibliothèques.

ACOLLAS (Émile). **L'enfant né hors mariage.** 3ᵉ édition. 1872, 1 vol. in-18 de x-165 pages. 2 fr.

ACOLLAS (Émile). **Trois leçons sur le mariage.** In-8. 1 fr. 50

ACOLLAS (Émile). **L'idée du droit.** In-8. 1 fr. 50

ACOLLAS (Émile). **Nécessité de refondre l'ensemble de nos codes,** et notamment le code Napoléon, au point de vue de l'idée démocratique. 1866, 1 vol. in-8. 3 fr.

Administration départementale et communale. Lois — Décrets — Jurisprudence, conseil d'État, cour de Cassation, décisions et circulaires ministérielles, in-4. 2ᵉ éd. 15 fr.

ALAUX. **La religion progressive.** 1869, 1 vol. in-18. 3 fr. 50

ARRÉAT (Lucien). **Une éducation intellectuelle.** 1 vol. in-18, 1877. 2 fr. 50

ASSELINE (Louis). **Histoire de l'Autriche** depuis la mort de Marie-Thérèse jusqu'à nos jours. 1 vol. in-18 de la *Biblioth. d'hist. contemp.*, 1877. 3 fr. 50

AUDIFFRET-PASQUIER. **Discours devant les commissions de la réorganisation de l'armée et des marchés.** In-4. 2 fr. 50

L'art et la vie. 1867, 2 vol. in-8. 7 fr.

L'art et la vie de Stendhal. 1869, 1 fort vol. in-8. 6 fr.

BAGEHOT. **Lois scientifiques du développement des nations** dans leurs rapports avec les principes de l'hérédité et de la sélection naturelle. 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque scientifique internationale,* cartonné à l'anglaise. 2ᵉ édit., 1876. 6 fr.

BARNI (Jules). **Napoléon Iᵉʳ**, édition populaire. 1 vol. in-18. 1 fr.

BARNI (Jules). **Manuel républicain.** 1872, 1 vol. in-18. 1 fr. 50

BARNI (Jules). **Les martyrs de la libre pensée,** cours professé à Genève. 1862, 1 vol. in-18. 3 fr. 50

BARTHÉLEMY SAINT-HILAIRE. **Pensées de Marc Aurèle,** traduites et annotées. 1 vol. in-18. 4 fr. 50

BARTHÉLEMY SAINT-HILAIRE. **De la Logique d'Aristote.** 2 vol. gr. in-8. 10 fr.

BARTHÉLEMY SAINT-HILAIRE. **L'École d'Alexandrie.** 1 vol. in-8. 6 fr.

BAUTAIN. **La philosophie morale.** 2 vol. in-8. 12 fr.

CH. BÉNARD. **De la Philosophie dans l'éducation classique,** 1862. 1 fort vol. in-8. 6 fr.

BERTAULD (P.-A). **Introduction à la recherche des causes premières. De la méthode.** Tome Iᵉʳ, 1 vol. in-18. 3 fr. 50

BLANC (Louis). **Histoire de dix ans** (1830-1840). 12ᵉ édition. 5 vol. in-8, 1877. Chaque vol. séparément. 5 fr.

BLANCHARD. **Les métamorphoses, les mœurs et les instincts des insectes,** par M. Émile BLANCHARD, de l'Institut, professeur au Muséum d'histoire naturelle. 1868, 1 magnifique volume in-8 jésus, avec 160 figures intercalées dans le texte et 40 grandes planches hors texte. 2ᵉ édition, 1877, Prix, broché. 25 fr.

Relié en demi-maroquin. 30 fr.

BLANQUI. **L'éternité par les astres**, hypothèse astronomique. 1872, in-8. 2 fr.

BORELY (J.). **Nouveau système électoral, représentation proportionnelle de la majorité et des minorités**. 1870, 1 vol. in-18 de XVIII-194 pages. 2 fr. 50

BORELY. **De la justice et des juges**, projet de réforme judiciaire. 1871, 2 vol. in-8. 12 fr.

BOUCHARDAT. **Le travail**, son influence sur la santé (conférences faites aux ouvriers). 1863, 1 vol. in-18. 2 fr. 50

BERSOT. **La philosophie de Voltaire**. 1 vol. in-12. 2 fr. 50

ÉD. BOURLOTON et E. ROBERT. **La Commune** et ses idées à travers l'histoire. 1872, 1 vol. in-18. 3 fr. 50

BOUILLET (ADOLPHE). **L'armée d'Henri V. — Les bourgeois gentilshommes de 1871**. 1 vol. in-12. 3 fr. 50

BOUILLET (ADOLPHE). **L'armée d'Henri V. — Les bourgeois gentilshommes**. Types nouveaux et inédits. 1 v. in-18. 2 fr. 50

BOUILLET (ADOLPHE). **L'armée d'Henri V. — Bourgeois gentilshommes**. — Arrière-ban de l'ordre moral, 1873-1874. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

BOURDET (Eug.). **Vocabulaire des principaux termes de la philosophie positive**, avec notices biographiques appartenant au calendrier positiviste. 1 vol. in-18 (1875). 3 fr. 50

BOURDET (Eug). **Principe d'éducation positive**, nouvelle édition, entièrement refondue, précédée d'une préface de M. CH. ROBIN. 1 vol. in-18 (1877) 3 fr. 50

BOUTMY. **Quelques observations sur la réforme de l'enseignement supérieur**. 1 brochure in-8 (1876). 75 c.

BOUTROUX. **De la contingence des lois de la nature**, in-8, 1874. 4 fr.

BOUTROUX. **De veritatibus æternis apud Cartesium**; hæc apud facultatem litterarum parisiensem disputabat. In-8. 2 fr.

BUCHNER (Alexandre). **Poétique** ou **Introduction à l'esthétique de J.-P. RICHTER**, traduit de l'allemand en collaboration avec Léon DUMONT. 2 vol. in-8. 15 fr.

CHASLES (PHILARÈTE). **Questions du temps et problèmes d'autrefois**. Pensées sur l'histoire, la vie sociale, la littérature. 1 vol. in-18, édition de luxe. 3 fr.

CHASSERIAU. **Du principe autoritaire et du principe rationnel**. 1873, 1 vol. in-18. 3 fr. 50

CLAMAGERAN. **L'Algérie**. Impressions de voyage, 1874. 1 vol. in-18 avec carte. 3 fr. 50

CLAVEL. **La morale positive**. 1873, 1 vol. in-18. 3 fr.

CLAVEL. **Les principes au XIXe siècle**. 1 v. in-18 (1877). 1 fr.

CONTA. **Théorie du fatalisme**. 1 vol. in-18, 1877. 4 fr.

COQUEREL (Charles). **Lettres d'un marin à sa famille**. 1870, 1 vol. in-18. 3 fr. 50

COQUEREL (Athanase). Voyez *Bibliot. de philosop. contemporaine*.

COQUEREL fils (Athanase). **Libres études** (religion, critique histoire, beaux-arts). 1867, 1 vol. in-8. 5 fr.

COQUEREL fils (Athanase). **Pourquoi la France n'est-elle pas protestante?** Discours prononcé à Neuilly le 1er novembre 1866. 2e édition, in-8. 1 fr.

COQUEREL fils (Athanase). **La charité sans peur**, sermon en faveur des victimes des inondations, prêché à Paris le 18 novembre 1866. In-8. 75 c.

COQUEREL fils (Athanase). **Évangile et liberté**, discours d'ouverture des prédications protestantes libérales, prononcé le 8 avril 1868. In-8. 50 c.

COQUEREL fils (Athanase). **De l'éducation des filles**, réponse à Mgr l'évêque d'Orléans, discours prononcé le 3 mai 1868. In-8. 1 fr.

CORLIEU. **La mort des rois de France** depuis François Ier jusqu'à la Révolution française. 1 vol. in-18 en caractères elzéviriens, 1874. 3 fr. 50

Conférences de la Porte-Saint-Martin pendant le siége de Paris. Discours de MM. *Desmarets* et *de Pressensé*. — Discours de M. *Coquerel*, sur les moyens de faire durer la République. — Discours de M. *Le Berquier*, sur la Commune. — Discours de M. *E. Bersier*, sur la Commune. — Discours de M. *H. Cernuschi*, sur la Légion d'honneur. In-8. 1 fr. 25

CORNIL. **Leçons élémentaires d'hygiène**, rédigées pour l'enseignement des lycées d'après le programme de l'Académie de médecine. 1873, 1 vol. in-18 avec figures intercalées dans le texte. 2 fr. 50

Sir G. CORNEWALL LEWIS. **Histoire gouvernementale de l'Angleterre de 1770 jusqu'à 1830**, trad. de l'anglais et précédée de la vie de l'auteur, par M. Mervoyer. 1867, 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque d'histoire contemporaine*. 7 fr.

Sir G. CORNEWALL LEWIS. **Quelle est la meilleure forme de gouvernement?** Ouvrage traduit de l'anglais, précédé d'une Étude sur la vie et les travaux de l'auteur, par M. Mervoyer, docteur ès lettres. 1867, 1 vol. in-8. 3 fr. 50

CORTAMBERT (Louis). **La religion du progrès**. 1874, 1 vol. in-18. 3 fr. 50

DAMIRON. **Mémoires pour servir à l'histoire de la philosophie au XVIIIe siècle**. 3 vol. in-8. 12 fr.

DAVY. **Les conventionnels de l'Eure**. Buzot, Duroy, Lindet, à travers l'histoire, 2 forts vol. in-8 (1876). 18 fr.

DELAVILLE. **Cours pratique d'arboriculture fruitière** pour la région du nord de la France, avec 269 fig. In-8. 6 fr.

DELBŒUF. **La psychologie comme science naturelle**. 1 vol. in-8, 1876. 2 fr. 50

DELEUZE. **Instruction pratique sur le magnétisme animal**, précédée d'une Notice sur la vie de l'auteur. 1853. 1 vol. in-12. 3 fr. 50

DELORD (Taxile). **Histoire du second empire, 1848-1870**. 6 forts volumes in-8 (1869-1875). 42 fr.
Chaque volume séparément. 7 fr.

DENFERT (colonel). **Des droits politiques des militaires**. 1874, in-8. 75 c.

DESJARDINS. **Les jésuites et l'université devant le parlement de Paris** au XVIe siècle, 1 br. in 8 (1877). 1 fr. 25

DIARD (H.). **Études sur le système pénitentiaire**. 1875, 1 vol. in-8. 1 fr. 50

DOLLFUS (Ch.). **De la nature humaine**. 1868, 1 v. in-8. 5 fr.

DOLLFUS (Charles). **Lettres philosophiques**. 3e édition. 1869, 1 vol. in-18. 3 fr. 50

DOLLFUS (Charles). **Considérations sur l'histoire.** Le monde antique. 1872, 1 vol. in-8. 7 fr. 50

DOLLFUS (Ch.). **L'âme dans les phénomènes de conscience.** 1 vol. in-18 (1876). 3 fr.

DUBOST (Antonin). **Des conditions de gouvernement en France.** 1 vol. in-8 (1875). 7 fr. 50

DUCHASSAING DE FONTBRESSIN. **Essai de physiologie et de psychologie.** 1 vol. in-18 (1874). 1 fr.

DUGALD-STEVART. **Éléments de la philosophie de l'esprit humain,** traduit de l'anglais par Louis Peisse, 3 vol. in-12. 9 fr

DUMONT (Léon). **Théorie scientifique de la sensibilité,** du plaisir et de la douleur. 1 vol. in-8 de la *Biblioth. scientif. intern.* 6 fr.

DUMONT (Léon). **Le sentiment du gracieux.** 1 vol. in 8. 3 fr.

DUMONT (Léon). **Des causes du rire.** 1 vol. in-8. 2 fr.

DUMONT (Léon). **Poétique** ou **Introduction à l'esthétique,** traduit de l'allemand avec la collaboration de M. Alex. BUCHNER. 2 vol. in-8. 15 fr.

DUMONT (Léon). **Haeckel et la théorie de l'évolution en** Allemagne. 1 vol. in-18 de la *Biblioth. de philosophie contemp.* 2 fr. 50

DU POTET. **Manuel de l'étudiant magnétiseur.** Nouvelle édition. 1868, 1 vol. in-18. 3 fr. 50

DU POTET. **Traité complet de magnétisme,** cours en douze leçons. 1856, 3e édition, 1 vol. de 634 pages. 7 fr.

DUPUY (Paul). **Études politiques,** 1874. 1 v. in-8 de 236 pages. 3 fr. 50

DUVAL-JOUVE. **Traité de Logique,** ou essai sur la théorie de la science, 1855. 1 vol. in-8. 6 fr.

Éléments de science sociale. Religion physique, sexuelle et naturelle, ouvrage traduit sur la 7e édition anglaise. 1 fort vol. in-18. 3e édition, 1877. 3 fr. 50

ÉLIPHAS LÉVI. **Dogme et rituel de la haute magie.** 1861, 2e édit., 2 vol. in-8, avec 24 fig. 18 fr.

ÉLIPHAS LÉVI. **Histoire de la magie,** avec une exposition claire et précise de ses procédés, de ses rites et de ses mystères. 1860, 1 vol. in-8, avec 90 fig. 12 fr.

ÉLIPHAS LÉVI. **La science des esprits,** révélation du dogme secret des Kabbalistes, esprit occulte de l'Évangile, appréciation des doctrines et des phénomènes spirites. 1865, 1 v. in-8. 7 fr.

ÉLIPHAS LÉVI. **Philosophie occulte.** Fables et symboles, avec leur explication où sont révélés les grands secrets de la direction du magnétisme universel et des principes fondamentaux du grand œuvre. 1863, 1 vol. in-8. 7 fr.

FAU. **Anatomie des formes du corps humain,** à l'usage des peintres et des sculpteurs. 1866, 1 vol. in-8 et atlas de 25 planches. 2e édition. Prix, fig. noires. 20 fr.
Prix, figures coloriées. 35 fr.

FERRIER. **Les fonctions du cerveau.** 1 vol. in-8, traduit de l'anglais. (*Sous presse.*)

FERRON (de). **Théorie du progrès** (Histoire de l'idée du progrès. — Vico. — Herder. — Turgot. — Condorcet. — Saint-Simon. — Réfutation du césarisme). 1867, 2 vol. in-18. 7 fr.

FERRON (de). **La question des deux Chambres.** 1872, in-8 de 45 pages. 1 fr.

Em. FERRIÈRE. **Le darwinisme.** 1872, 1 vol. in-18. 4 fr. 50

FIAUX. **L'enseignement de la médecine en Allemagne,** 1 vol. in-8 (1877). 5 fr.

FONCIN, **Essai sur le ministère de Turgot.** 1 vol. grand in-8 (1876). 8 fr.

FOUILLÉE (Alfred). **La philosophie de Socrate.** 2 vol. in-8. 16 fr.

FOUILLÉE (Alfred). **La philosophie de Platon.** 2 vol. in-8. 16 fr.

FOUILLÉE (Alfred). **La liberté et le déterminisme.** 1 fort vol. in-8. 7 fr. 50

FOUILLÉE (Alfred). **Platonis hippias minor sive Socratica,** 1 vol. in-8. 2 fr.

FOX (W.-J.). **Des idées religieuses.** 15 conférences traduites de l'anglais. 1876. 3 fr.

FRÉDÉRIQ. **Hygiène populaire.** 1 vol. in-12. 1875. 4 fr.

FRIBOURG. **Du paupérisme parisien,** de ses progrès depuis vingt-cinq ans. 1 vol. in-18. 1 fr. 25

GÉRARD (Jules). **Maine de Biran, essai sur sa philosophie,** suivi de fragments inédits. 1 fort vol. in-8. 1876. 10 fr.

GÉRARD (Jules). **De idealismi apud Berkleium ratione et principio;** hanc thesim proponebat facultati litterarum parisiensi. In-8. 1876. 3 fr.

GUILLAUME (de Moissey). **Nouveau traité des sensations.** 2 vol. in-8 (1876). 15 fr.

HAMILTON (William). **Fragments de Philosophie,** traduits de l'anglais par Louis Peisse. 7 fr. 50

HERZEN. **Œuvres complètes.** Tome Ier. *Récits et nouvelles.* 1874, 1 vol. in-18. 3 fr. 50

HERZEN. **De l'autre Rive.** 4e édition, traduit du russe par M. Herzen fils. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

HERZEN. **Lettres de France et d'Italie.** 1871, in-18. 3 fr. 50

HUMBOLDT (G. de). **Essai sur les limites de l'action de l'État,** traduit de l'allemand, et précédé d'une Étude sur la vie et les travaux de l'auteur, par M. Chrétien, docteur en droit. 1867, in-18. 3 fr. 50

ISSAURAT. **Moments perdus de Pierre-Jean,** observations, pensées, rêveries antipolitiques, antimorales, antiphilosophiques, antimétaphysiques, anti tout ce qu'on voudra. 1868, 1 v. in-18. 3 fr.

ISSAURAT. **Les alarmes d'un père de famille,** suscitées, expliquées, justifiées et confirmées par lesdits faits et gestes de Mgr Dupanloup et autres. 1868, in-8. 1 fr.

JANET (Paul). **Histoire de la science politique** dans ses rapports avec la morale. 2 vol. in-8. 20 fr.

JANET (Paul). **Études sur la dialectique** dans Platon et dans Hegel. 1 vol. in-8. 6 fr.

JANET (Paul). **Œuvres philosophiques de Leibniz.** 2 vol. in-8. 16 fr.

JANET (Paul). **Essai sur le médiateur plastique de Cudworth.** 1 vol. in-8. 1 fr.

JANET (Paul). **Les causes finales.** 1 fort vol. in-8, 1876. 10 fr.

LABORDE. **Les hommes et les actes de l'insurrection de Paris** devant la psychologie morbide. Lettres à M. le docteur Moreau (de Tours). 1 vol. in-18. 2 fr. 50

LACHELIER. **Le fondement de l'induction.** 1 vol. in-8. 3 fr. 50

LACHELIER. **De natura syllogismi**; apud facultatem litterarum parisiensem hæc disputabat. 1 fr. 50

LACOMBE. **Mes droits.** 1869, 1 vol. in-12. 2 fr. 50

LAMBERT. **Hygiène de l'Égypte.** 1873, 1 vol. in-18. 2 fr. 50

LANGLOIS. **L'homme et la Révolution.** Huit études dédiées à P.-J. Proudhon. 1867. 2 vol. in-18. 7 fr.

LAUSSEDAT. **La Suisse.** Études médicales et sociales. 2e édit., 1875. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

LAVELEYE (Em. de). **De l'avenir des peuples catholiques.** 1 brochure in-8. 21e édit. 1876. 25 c.

LAVERGNE (Bernard). **L'ultramontanisme et l'État.** 1 vol. in-8 (1875). 1 fr. 50

LE BERQUIER. **Le barreau moderne.** 1871, 2e édition, 1 vol. in-18. 3 fr. 50

LEDRU (Alphonse). **Organisation, attributions et responsabilité des conseils de surveillance des sociétés en commandite par actions** (loi du 24 juillet 1867). 1 vol. grand in-8 (1876). 3 fr. 50

LEDRU (Alphonse). **Des publicains et des Sociétés vectigaliennes.** 1 vol. grand in-8 (1876). 3 fr.

LE FORT. **La chirurgie militaire** et les Sociétés de secours en France et à l'étranger. 1873, 1 vol. gr. in-8, avec fig. 10 fr.

LE FORT. **Étude sur l'organisation de la Médecine** en France et à l'étranger. 1874, gr. in-8. 3 fr.

LEIBNIZ. **Œuvres philosophiques,** avec une Introduction et des notes par M. Paul Janet. 2 vol. in-8. 16 fr.

LEIBNITZ. Voyez page 2.

LEMER (Julien). **Dossier des jésuites et des libertés de l'Église gallicane.** 1 vol. in-18 (1877). 3 fr. 50

LITTRÉ. **Auguste Comte et Stuart Mill,** suivi de *Stuart Mill et la philosophie positive*, par M. G. Wyrouboff. 1867, in-8 de 86 pages. 2 fr.

LITTRÉ. **Fragments de philosophie.** 1 vol. in-8. 1876. 8 fr.

LITTRÉ. **Application de la philosophie positive** au gouvernement des Sociétés. In-8. 3 fr. 50

LORAIN (P.). **Jenner et la vaccine.** Conférence historique. 1870, broch. in-8 de 48 pages. 1 fr. 50

LORAIN (P.). **L'assistance publique.** 1871, in-4 de 56 p. 1 fr.

LUBBOCK. **L'homme préhistorique,** étudié d'après les monuments et les costumes retrouvés dans les différents pays de l'Europe, suivi d'une Description comparée des mœurs des sauvages modernes, traduit de l'anglais par M. Ed. Barbier, 256 figures intercalées dans le texte. 1876, 2e édition, considérablement augmentée suivie d'une conférence de M. P. Broca sur *les Troglodytes de la Vezère*. 1 beau vol. in-8, broché. 15 fr.
Cart. riche, doré sur tranche. 18 fr.

LUBBOCK. **Les origines de la civilisation.** État primitif de l'homme et mœurs des sauvages modernes. 1877, 1 vol. grand in-8 avec figures et planches hors texte. Traduit de l'anglais par M. Ed. Barbier. 2e édition. 1877. 15 fr.
Relié en demi-maroquin avec nerfs. 18 fr

MAGY. **De la science et de la nature, essai de philosophie** première. 1 vol. in-8. 6 fr.

MARAIS (Aug.). **Garibaldi et l'armée des Vosges.** 1872, 1 vol. in-18. 1 fr. 50

MAURY (Alfred). **Histoire des religions de la Grèce antique.** 3 vol. in-8. 24 fr.

MAX MULLER. **Amour allemand.** Traduit de l'allemand. 1 vol. in-18 imprimé en caractères elzéviriens. 3 fr. 50

MAZZINI. **Lettres à Daniel Stern** (1864-1872), avec une lettre autographiée. 1 v. in-18 imprimé en caractères elzéviriens. 3 fr. 50

MENIÈRE. **Cicéron médecin**, étude médico-littéraire. 1862, 1 vol. in-18. 4 fr. 50

MENIÈRE. **Les consultations de madame de Sévigné**, étude médico-littéraire. 1864, 1 vol. in-8. 3 fr.

MERVOYER. **Étude sur l'association des idées.** 1864, 1 vol. in-8. 6 fr.

MICHAUT (N.). **De l'imagination.** Etudes psychologiques. 1 vol. in-8 (1876). 5 fr.

MILSAND. **Les études classiques** et l'enseignement public. 1873, 1 vol. in-18. 3 fr. 50

MILSAND. **Le code et la liberté.** Liberté du mariage, liberté des testaments. 1865, in-8. 2 fr.

MIRON. **De la séparation du temporel et du spirituel.** 1866, in-8. 3 fr. 50

MORER. **Projet d'organisation des colléges cantonaux,** in-8 de 64 pages. 1 fr. 50

MORIN. **Du magnétisme et des sciences occultes.** 1860, 1 vol. in-8. 6 fr.

MORIN (Frédéric). **Politique et philosophie**, précédé d'une introduction de M. JULES SIMON. 1 vol. in-18. 1876. 3 fr. 50

MUNARET. **Le médecin des villes et des campagnes.** 4e édition, 1862, 1 vol. grand in-18. 4 fr. 50

NAQUET (A.). **La république radicale.** 1873, 1 vol. in-18 3 fr. 50

NOEL (Eug.). **Mémoires d'un imbécile**, avec une préface de M. LITTRÉ. 1 vol. in-18. 2e éd. 1876, en car. elzéviriens. 3 fr. 50

NOLEN (D.). **La critique de Kant et la métaphysique de Leibniz,** histoire et théorie de leurs rapports, 1 volume in-8 (1875). 6 fr.

NOLEN (D.). **Quid Leibnizius Aristoteli debuerit.** 1 br. in-8. 1 fr. 50

NOURRISSON. **Essai sur la philosophie de Bossuet.** 1 vol. in-8. 4 fr.

OGER. **Les Bonaparte** et les frontières de la France. In-18. 50 c.

OGER. **La République.** 1871, brochure in-8. 50 c.

OLLÉ-LAPRUNE. **La philosophie de Malebranche.** 2 vol. in-8. 16 fr.

PARIS (comte de). **Les associations ouvrières en Angleterre** (trades-unions). 1869, 1 vol. gr. in-8. 2 fr. 50

Édition sur papier de Chine : broché. 12 fr.

— reliure de luxe. 20 fr.

PELLETAN. **La naissance d'une ville (Royan).** 1 vol. in-18 (1876). 2 r.

PELLETAN. **Jarousseau, le pasteur du désert.** 1 vol. in-18 en caractères elzéviriens (1877). 3 fr. 50

PELLETAN. **Élisée, voyage d'un homme à la recherche de lui-même.** 1 vol. in-18 en caractères elzéviriens, 1877. 3 fr. 50

PETROZ (P.). **L'art et la critique en France** depuis 1822. 1 vol. in-18. 1875. 3 fr. 50

POEY (André). **Le positivisme.** 1 fort vol. in-12 (1876). 4 fr. 50

PUISSANT (Adolphe). **Erreurs et préjugés populaires.** 1873, 1 vol. in-18. 3 fr. 50

REGNAULT (Élias). **Histoire de huit ans** (1840-1848). 3e édit., 3 vol. in-8, chaque vol. séparément. 5 fr.

REYMOND (William). **Histoire de l'art.** 1874, 1 vol. in-8. 5 fr.

RIBERT (Léonce). **Esprit de la Constitution** du 25 février 1875, 1 vol. in-18, en caractères elzéviriens. 3 fr. 50

RIBOT (Paul). **Matérialisme et spiritualisme.** 1873, in-8. 6 fr.

RIBOT (Th.). **La psychologie anglaise contemporaine** (James Mill, Stuart Mill, Herbert Spencer, A. Bain, G. Lewes, S. Bailey, J.-D. Morell, J. Murphy). 1875, 1 vol. in-8. 2e édit. 7 fr. 50

RIBOT (Th.). **De l'hérédité.** 1873, 1 vol. in-8. 10 fr.

RICHTER (J.-P.). **Poétique, ou Introduction à l'esthétique,** traduite de l'allemand, précédée d'un Essai sur Jean-Paul et sa poétique, suivie de notes et commentaires par Alexandre BUCHNER et Léon DUMONT. 2 vol. in-8 (1862). 15 fr.

RITTER (Henri). **Histoire de la philosophie moderne,** traduction française précédée d'une introduction par P. Challemel-Lacour. 3 vol. in-8. 20 fr.

RITTER (Henri). **Histoire de la philosophie ancienne,** trad. par Tissot. 4 vol. 30 fr.

ROBERT (Edmond). **Les domestiques,** étude historique. 1 vol. in-18, 1875. 3 fr. 50

SAINT-MARC GIRARDIN. **La chute du second Empire.** In-4. 4 fr. 50

SALETTA. **Principe de logique positive,** ou traité de scepticisme positif. Première partie (de la connaissance en général). 1 vol. gr. in-8. 3 fr. 50

SARCHI. **Examen de la doctrine de Kant.** 1872, gr. in-8. 4 fr.

SCHELLING. **Écrits philosophiques** et morceaux propres à donner une idée de son système, traduits par Ch. Bénard. In-8. 9 fr.

SCHELLING. **Bruno** ou du principe divin, trad. par Husson. 1 vol. in-8. 3 fr. 50

SCHELLING. **Idéalisme transcendental,** traduit par Grimblot. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

SIEGFRIED (Jules). **La misère, son histoire, ses causes, ses remèdes,** 1 vol. grand in-18 (1877). 3 fr.

SIÈREBOIS. **Autopsie de l'âme.** Identité du matérialisme et du vrai spiritualisme. 2e édit. 1873, 1 vol. in-18. 2 fr. 50

SIÈREBOIS. **La morale** fouillée dans ses fondements. Essai d'anthropodicée. 1867, 1 vol. in-8. 6 fr.

SIÈREBOIS. **Psychologie réaliste.** Étude sur les éléments réels de l'âme et de la pensée. 1 vol. in-18 (1876). 2 fr. 50

SMEE (A.). **Mon jardin,** géologie, botanique, histoire naturelle. 1876. 1 magnifique vol. gr. in-8 orné de 1300 fig. et 52 pl. hors texte, traduit de l'anglais par M. BARBIER. 1876. Broché. 21 fr.
Cartonnage riche, doré sur tranches. 50 fr.

SOREL (ALBERT). **Le traité de Paris du 20 novembre 1815.** Leçons professées à l'École libre des sciences politiques par M. Albert SOREL, professeur d'histoire diplomatique. 1873, 1 vol. in-8. 4 fr. 50

THULIÉ. **La folie et la loi.** 1867, 2ᵉ édit., 1 vol. in-8. 3 fr. 50

THULIÉ. **La manie raisonnante du docteur Campagne.** 1870, broch. in-8 de 132 pages. 2 fr.

TIBERGHIEN. **Les commandements de l'humanité.** 1872, 1 vol. in-18. 3 fr.

TIBERGHIEN. **Enseignement et philosophie.** 1873, 1 vol. in-18. 4 fr.

TISSANDIER. **Études de Théodicée.** 1869, in-8 de 270 p. 4 fr.

TISSOT. **Principes de morale,** leur caractère rationnel et universel, leur application. Ouvrage couronné par l'Institut. 1 vol. in-8. 6 fr.

VACHEROT. **Histoire de l'École d'Alexandrie.** 3 vol. in-8. 24 fr.

VALETTE. **Cours de Code civil** professé à la Faculté de droit de Paris. Tome I, première année (Titre préliminaire — Livre premier). 1873, 1 fort vol. in-18. 8 fr.

VALMONT. **L'espion prussien.** 1872, roman traduit de l'anglais. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

VAN DER REST. **Platon et Aristote.** Essai sur les commencements de la science politique. 1 fort vol. in-8 (1876). 10 fr.

VÉRA. **Strauss. L'ancienne et la nouvelle foi.** 1873, in-8. 6 fr.

VÉRA. **Cavour et l'Église libre dans l'État libre,** 1874, in-8. 3 fr. 50

VÉRA. **L'Hegélianisme et la philosophie.** 1 vol. in-18. 1861. 3 fr. 50

VÉRA. **Mélanges philosophiques.** 1 vol. in-8, 1862. 5 fr.

VÉRA. **Essais de philosophie hegélienne** (de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*). 1 vol. in-18. 2 fr. 50

VÉRA. **Platonis, Aristotelis et Hegelii de medio termino doctrina.** 1 vol. in-8. 1845. 1 fr. 50

VILLIAUMÉ. **La politique moderne,** traité complet de politique. 1873, 1 beau vol. in-8. 6 fr.

WEBER. **Histoire de la philosophie européenne.** 1871, 1 vol. in-8. 10 fr.

YUNG (EUGÈNE). **Henri IV, écrivain.** 1 vol. in-8. 1855. 5 fr.

ZIMMERMANN. **De la solitude,** des causes qui en font naître le goût, de ses inconvénients, de ses avantages, et son influence sur les passions, l'imagination, l'esprit et le cœur, traduit de l'allemand par N. Jourdan. Nouvelle édition. 1840, in-8. 3 fr. 5

ENQUÊTE PARLEMENTAIRE SUR LES ACTES DU GOUVERNEMENT

DE LA DÉFENSE NATIONALE

DÉPOSITIONS DES TÉMOINS :

TOME PREMIER. Dépositions de MM. Thiers, maréchal Mac-Mahon, maréchal Le Bœuf, Benedetti, duc de Gramont, de Talhouët, amiral Rigault de Genouilly, baron Jérôme David, général de Palikao, Jules Brame, Dréolle, etc.

TOME II. Dépositions de MM. de Chandordy, Laurier, Cresson, Dréo, Ranc, Rampont, Steenackers, Fernique, Robert, Schneider, Buffet, Lebreton et Hébert, Bellangé, colonel Alavoine, Gervais, Bécherelle, Robin, Muller, Boutefoy, Meyer, Clément et Simonneau, Fontaine, Jacob, Lemaire, Petetin, Guyot-Montpayroux, général Soumain, de Legge, colonel Vabre, de Crisenoy, colonel Ibos, etc.

TOME III. Dépositions militaires de MM. de Freycinet, de Serres, le général Lefort, le général Ducrot, le général Vinoy, le lieutenant de vaisseau Farcy, le commandant Amet, l'amiral Pothuau, Jean Brunet, le général de Beaufort-d'Hautpoul, le général de Valdan, le général d'Aurelle de Paladines, le général Chanzy, le général Martin des Pallières, le général de Sonis, etc.

TOME IV. Dépositions de MM. le général Bordone, Mathieu, de Laborie, Luce-Villiard, Castillon, Debusschère, Darcy, Chenet, de La Taille, Baillehache, de Grancey, L'Hermite, Pradier, Middleton, Frédéric Morin, Thoyot, le maréchal Bazaine, le général Boyer, le maréchal Canrobert, etc. Annexe à la déposition de M. Testelin, note de M. le colonel Denfert, note de la Commission, etc.

TOME V. Dépositions complémentaires et réclamations. — Rapports de la préfecture de police en 1870-1871. — Circulaires, proclamations et bulletins du Gouvernement de la Défense nationale. — Suspension du tribunal de la Rochelle; rapport de M. de La Borderie; dépositions.

ANNEXE AU TOME V. Deuxième déposition de M. Cresson. Événements de Nîmes, affaire d'Ain Yagout. — Réclamations de MM. le général Bellot et Engelhart. — Note de la Commission d'enquête (1 fr.).

RAPPORTS :

TOME PREMIER. M. *Chaper*, les procès-verbaux des séances du Gouvernement de la Défense nationale. — M. *de Sugny*, les événements de Lyon sous le Gouv. de la Défense nat. — M. *de Rességuier*, les actes du Gouv. de la Défense nat. dans le sud-ouest de la France.

TOME II. M. *Saint-Marc Girardin*, la chute du second Empire. — M. *de Sugny*, les événements de Marseille sous le Gouv. de la Défense nat.

TOME III. M. *le comte Daru*, la politique du Gouvernement de la Défense nationale à Paris.

TOME IV. M. *Chaper*, de la Défense nat. au point de vue militaire à Paris.

TOME V. *Boreau-Lajanadie*, l'emprunt Morgan. — M. *de la Borderie*, le camp de Conlie et l'armée de Bretagne. — M. *de la Sicotière*, l'affaire de Dreux.

TOME VI. M. *de Rainneville*, les actes diplomatiques du Gouv. de la Défense nat. — M. *A. Lallié*, les postes et les télégraphes pendant la guerre. — M. *Delsol*, la ligne du Sud-Ouest. — M. *Perrot*, la défense en province. (1re *partie*.)

TOME VII. M. *Perrot*, les actes militaires du Gouv. la Défense nat. en province (2e *partie* : Expédition de l'Est).

TOME VIII. M. *de la Sicotière*, sur l'Algérie.

TOME IX. Algérie, dépositions des témoins. Table générale et analytique des dépositions des témoins avec renvoi aux rapports (10 fr.).

TOME X. M. *Boreau-Lajanadie*, le Gouvernement de la Défense nationale à Tours et à Bordeaux. (5 fr.).

PIÈCES JUSTIFICATIVES :

TOME PREMIER. Dépêches télégraphiques officielles, première partie.

TOME DEUXIÈME. Dépêches télégraphiques officielles, deuxième partie — Pièces justificatives du rapport de M. Saint-Marc Girardin.

Prix de chaque volume . . . 15 fr.

Rapports sur les actes du Gouvernement de la Défense nationale, se vendant séparément :

DE RESSÉGUIER. — Toulouse sous le Gouv. de la Défense nat. In-4. 2 fr. 50
SAINT-MARC GIRARDIN. — La chute du second Empire. In-4. 4 fr. 50
Pièces justificatives du rapport de M. Saint-Marc Girardin. 1 vol. in-4 5 fr.
DE SUGNY. — Marseille sous le Gouv. de la Défense nat. In-4. 10 fr.
DE SUGNY. — Lyon sous le Gouv. de la Défense nat. In-4. 7 fr.
DARU. — La politique du Gouv. de la Défense nat. à Paris. In-4. 15 fr.
CHAPER. — Le Gouv. de la Défense à Paris au point de vue militaire. In-4. 15 fr.
CHAPER. — Procès-verbaux des séances du Gouv. de la Défense nat. In-4. 5 fr.
BOREAU-LAJANADIE. — L'emprunt Morgan. In-4. 4 fr. 50
DE LA BORDERIE. — Le camp de Conlie et l'armée de Bretagne. in-4. 10 fr.
DE LA SICOTIÈRE. — L'affaire de Dreux. In-4. 2 fr. 50
DE LA SICOTIÈRE. — L'Algérie sous le Gouvernement de la Défense nationale. 2 vol. in-4. 22 fr.
DE RAINNEVILLE. Actes diplomatiques du Gouv. de la Défense nat. 1 vol. in-4. 3 fr. 50
LALLIÉ. Les postes et les télégraphes pendant la guerre. 1 vol. in-4. 1 fr. 50
DELSOL. La ligue du Sud-Ouest. 1 vol. in-4. 1 fr. 50
PERROT. Le Gouvernement de la Défense nationale en province. 2 vol. in-4. 25 fr.
BOREAU-LAJANADIE. Rapport sur les actes de la Délégation du Gouvernement de la Défense nationale à Tours et à Bordeaux. 1 vol. in 4. 5 fr.
Dépêches télégraphiques officielles. 2 vol. in-4. 25 fr.
Procès-verbaux de la Commune. 1 vol. in-4. 5 fr.
Table générale et analytique des dépositions des témoins. 1 vol. in-4. 3 fr. 50

LES ACTES DU GOUVERNEMENT

DE LA

DÉFENSE NATIONALE

(DU 4 SEPTEMBRE 1870 AU 8 FÉVRIER 1871)

ENQUÊTE PARLEMENTAIRE FAITE PAR L'ASSEMBLÉE NATIONALE
RAPPORTS DE LA COMMISSION ET DES SOUS-COMMISSIONS
TÉLÉGRAMMES
PIÈCES DIVERSES — DÉPOSITIONS DES TÉMOINS — PIÈCES JUSTIFICATIVES
TABLES ANALYTIQUE, GÉNÉRALE ET NOMINATIVE

7 forts volumes in-4. — Chaque volume séparément 16 fr.

Cette édition populaire réunit, en sept volumes avec une Table analytique par volume, tous les documents distribués à l'Assemblée nationale. — Une Table générale et nominative termine le 7e volume.

ENQUÊTE PARLEMENTAIRE

SUR

L'INSURRECTION DU 18 MARS

1° RAPPORTS. — 2° DÉPOSITIONS de MM. Thiers, maréchal Mac-Mahon, général Trochu, J. Favre, Ernest Picard, J. Ferry, général Le Flô, général Vinoy, colonel Lambert, colonel Gaillard, général Appert, Floquet, général Cremer, amiral Saisset, Schœlcher, amiral Pothuau, colonel Langlois, etc. — 3° PIÈCES JUSTIFICATIVES.

1 vol. grand in-4°. — Prix : 16 fr.

COLLECTION ELZÉVIRIENNE

Lettres de Joseph Mazzini à Daniel Stern (1864-1872), avec une lettre autographiée. 3 fr. 50

Amour allemand, par MAX MULLER, traduit de l'allemand. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

La mort des rois de France depuis François Ier jusqu'à la Révolution française, études médicales et historiques, par M. le docteur CORLIEU, 1 vol. in-18. 3 fr. 50

L'Algérie, impressions de voyage, par M. CLAMAGERAN. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

La République de 1848, par J. STUART MILL, traduit de l'anglais, avec préface par M. SADI CARNOT, 1 vol. in-18 (1875). 3 fr. 50

Esprit de la Constitution du 25 février 1875, par M. LÉONCE RIBERT. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

Mémoires d'un imbécile, par EUG. NOEL, précédé d'une préface de *M. Littré*. 1 vol. in-18, 2e édition (1876). 3 fr. 50

Jarousseau, le Pasteur du désert, par Eug. PELLETAN. 1 vol. in-18 (1877). 3 fr. 50

Élisée, voyage d'un homme à la recherche de lui-même, par Eug. PELLETAN, 1 vol. in-18 en caractères elzéviriens (1877). 3 fr. 50

BIBLIOTHÈQUE POPULAIRE

Napoléon Ier, par M. Jules BARNI, membre de l'Assemblée nationale. 1 vol. in-18. 1 fr.

Manuel républicain, par M. Jules BARNI, membre de l'Assemblée nationale. 1 vol. in-18. 1 fr.

Garibaldi et l'armée des Vosges, par M. Aug. MARAIS. 1 vol. in-18. 1 fr. 50

Le paupérisme parisien, ses progrès depuis vingt-cinq ans, par E. FRIBOURG. 1 fr. 25

ÉTUDES CONTEMPORAINES

Les bourgeois gentilshommes. — L'armée d'Henri V, par Adolphe BOUILLET. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

Les bourgeois gentilshommes. — L'armée d'Henri V. Types nouveaux et inédits, par A. BOUILLET. 1 v. in-18. 2 fr. 50

Les Bourgeois gentilshommes. — L'armée d'Henri V. L'arrière-ban de l'ordre moral, par A. Bouillet. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

L'espion prussien, roman anglais par V. VALMONT, traduit par M. J. DUBRISAY. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

La Commune et ses idées à travers l'histoire, par Edgar BOURLOTON et Edmond ROBERT. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

Du principe autoritaire et du principe rationnel, par M. Jean Chasseriau. 1873. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

La République radicale, par A. NAQUET, membre de l'Assemblée nationale. 1 vol. in-18. 3 fr. 50

Les domestiques, par M. Edmond ROBERT 1 vol. in-18 (1875). 2 fr. 50

Suite des ouvrages de la librairie Pagnerre.

BLAIZE (A.). **Des monts-de-piété** et des banques de prêts sur gages en France et dans les divers États. 2 forts volumes grand in-8. 15 fr.

BUSQUET (A.). **Représailles**, poésies (le blocus, après la guerre, portraits à la sanguine, nationalité). Un joli volume sur papier vélin, caractères elzéviriens. 3 fr.

CARNOT. **Mémoires sur Carnot** par son fils, ornés d'un portrait de Carnot. 4 parties. Chaque partie séparément. 3 fr. 50

CHASSIN (Ch. L.). **Edgar Quinet**, sa vie et son œuvre. 1 vol. in-8. 3 fr. 50

CORBON. **Le secret du peuple de Paris.** 1 vol. in-8. 5 fr.

CORMENIN (DE) TIMON. **Le livre des orateurs.** 18e édit. augmentée d'études inédites sur Montalembert, Ledru-Rollin, Jules Favre, Dufaure, Cavaignac, Billaut et Rouher. 2 beaux vol. in-8 cavalier, avec portrait de l'auteur gravé sur acier. 15 fr.

— **Pamphlets anciens et nouveaux.** Gouvernement de Louis-Philippe, République, Second Empire. 1 beau vol. in-8 cavalier. 7 fr. 50

DUCLERC ET PAGNERRE. **Dictionnaire politique.** Encyclopédie de la science et du langage politiques par les notabilités de la presse et du Parlement avec une introduction, par GARNIER PAGÈS aîné, publié par Eug. Duclerc et Pagnerre. 1 fort vol. in-8 grand jésus, de près de 1000 pages à deux colonnes, contenant plus de 2000 articles. 7e édition. 15 fr.

GOUET (AMÉDÉE). **Histoire nationale de France**, d'après des documents nouveaux.

Tome I. Gaulois et Francks. — Tome II. Temps féodaux. — Tome III. Tiers état. — Tome IV. Guerre des princes. — Tome V. Renaissance. — Tome VI. Réforme. — Tome VII. Guerres de religion. (*Sous presse.*)

Prix de chaque volume, format in-8. 5 fr.

IRANYI (D.) ET CHASSIN (CH. L.). **Histoire politique de la révolution de Hongrie** (1847-1849). 2 beaux vol. in-8. 10 fr.

LORENZO D'APONTE. **Mémoires de Lorenzo d'Aponte**, poëte vénitien, collaborateur de MOZART. Traduits de l'italien, par M. C. D. de la Chavanne et précédés d'une lettre de M. de Lamartine. 1 beau vol. in-8. 4 fr.

MARTIN BERNARD. **Dix ans de prison au mont Saint-Michel** et à la citadelle de Doullens. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

RICHARD (Ch.). **Les lois de Dieu et l'esprit moderne.** Issue aux contradictions humaines. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

— **Les révolutions inévitables dans le globe** et l'humanité. In-18. 2 fr. 50

Suite des ouvrages de la librairie Pagnerre.

BIBLIOTHÈQUE UTILE

60 centimes le vol. de 190 pages

I. — **Morand.** Introduction à l'étude des Sciences physiques.
II. — **Cruveilher.** Hygiène générale. 4e édition.
III. — **Corbon.** De l'enseignement professionnel. 2e édition.
IV. — **L. Pichat.** L'Art et les Artistes en France. 3e édition.
V. — **Buchez.** Les Mérovingiens. 3e édition.
VI. — **Buchez.** Les Carlovingiens.
VII. — **F. Morin.** La France au moyen âge. 3e édition.
VIII. — **Bastide.** Luttes religieuses des premiers siècles. 3e édition.
IX. — **Bastide.** Les guerres de la Réforme. 3e édition.
X. — **E. Pelletan.** Décadence de la Monarchie française. 4e édition.
XI. — **L. Brothier.** Histoire de la Terre. 4e édition.
XII. — **Sanson.** Principaux faits de la Chimie. 3e édition.
XIII. — **Turck.** Médecine populaire. 4e édition.
XIV. — **Morin.** Résumé populaire du Code civil. 2e édition.
XV. — **Fillias.** L'Algérie ancienne et nouvelle. (Épuisé.)
XVI. — **A. Ott.** L'Inde et la Chine.
XVII. — **Catalan.** Notions d'Astronomie. 2e édition.
XVIII. — **Cristal.** Les Délassements du Travail.
XIX. — **Victor Meunier.** Philosophie zoologique.
XX. — **G. Jourdan.** La justice criminelle en France. 2e édition.
XXI. — **Ch. Rolland.** Histoire de la Maison d'Autriche.
XXII. — **E. Despois.** Révolution d'Angleterre. 2e édition.
XXIII. — **B. Gastineau.** Génie de la Science et de l'Industrie.
XXIV. — **H. Leneveux.** Le Budget du foyer. Economie domestique.
XXV. — **L. Combes.** La Grèce ancienne.
XXVI. — **Fréd. Lock.** Histoire de la Restauration. 2e édition.
XXVII. — **L. Brothier.** Histoire populaire de la philosophie. 2e édition.
XXVIII. — **E. Margollé.** Les phénomènes de la Mer. 3e édition.
XXIX. — **L. Collas.** Histoire de l'empire ottoman.
XXX. — **Zurcher.** Les Phénomènes de l'atmosphère. 3e édition.
XXXI. — **E. Raymond.** L'Espagne et le Portugal.
XXXII. — **Eugène Noël.** Voltaire et Rousseau. 2e édition
XXXIII. — **A. Ott.** L'Asie occidentale et l'Egypte.
XXXIV. — **Ch. Richard.** Origine et fin des Mondes. 3e édition.
XXXV. — **Enfantin.** La vie éternelle. 2e édition.
XXXVI. — **L. Brothier.** Causeries sur la mécanique.
XXXVII. — **Alfred Doneaud.** Histoire de la Marine française.
XXXVIII. — **Fréd. Lock.** Jeanne d'Arc.
XXXIX. — **Carnot.** Révolution française. — Période de création (1789-1792).
XL. — **Carnot.** Période de conservation.
XLI. — **Zurcher** et **Margollé.** Télescope et Microscope.

REVUE PHILOSOPHIQUE

DE LA FRANCE ET DE L'ETRANGER

Paraissant tous les mois

DIRIGÉE PAR

TH. RIBOT

Agrégé de philosophie, Docteur ès lettres

La REVUE PHILOSOPHIQUE paraît tous les mois, depuis le 1er janvier 1876, par livraisons de 6 à 7 feuilles grand in-8, et forme ainsi à la fin de chaque année deux forts volumes d'environ 680 pages chacun.

CHAQUE NUMÉRO DE LA REVUE CONTIENT :

1° Plusieurs articles de fond; 2° Des analyses et comptes rendus des nouveaux ouvrages philosophiques français et étrangers; 3° Un compte rendu aussi complet que possible des *publications périodiques* de l'étranger pour tout ce qui concerne la philosophie; 4° Des notes, documents, observations, pouvant servir de matériaux ou donner lieu à des vues nouvelles.

Prix d'abonnement :

Un an, pour Paris........................... 30 fr.
— pour les départements et l'étranger........ 33 fr.
La livraison................................ 3 fr.

REVUE HISTORIQUE

Paraissant tous les deux mois

DIRIGÉE PAR MM.

GABRIEL MONOD
Ancien élève
de l'École normale supérieure
Agrégé d'histoire
Directeur-adjoint à l'École
pratique des Hautes-Études

GUSTAVE FAGNIEZ
Ancien élève de l'École des Chartes
Archiviste
aux Archives nationales
Auxiliaire de l'Institut

La REVUE HISTORIQUE paraît tous les deux mois, depuis le 1er janvier 1876, par livraisons grand in-8 de 15 à 16 feuilles, de manière à former à la fin de l'année deux beaux volumes de 900 pages chacun.

CHAQUE LIVRAISON CONTIENT :

I. Plusieurs *articles de fond*, comprenant chacun, s'il est possible, un travail complet. II. Des *Mélanges et Variétés*, composés de documents inédits d'une étendue restreinte et de courtes notices sur des points d'histoire curieux ou mal connus. III. Un *Bulletin historique* de la France et de l'étranger, fournissant des renseignements aussi complets que possible sur tout ce qui touche aux études historiques. IV. Une *analyse des publications périodiques* de la France et de l'étranger, au point de vue des études historiques. V. Des *Comptes rendus critiques* des livres d'histoire nouveaux.

Prix d'abonnement :

Un an, pour Paris........................... 30 fr.
— pour les départements et l'étranger........ 33 fr.
La livraison................................ 6 fr.

REVUE Politique et Littéraire (Revue des cours littéraires, 2e série.)	REVUE Scientifique (Revue des cours scientifiques, 2e série.)

Directeurs : MM. Eug. YUNG et Ém. ALGLAVE

La septième année de la **Revue des Cours littéraires** et de la **Revue des Cours scientifiques**, terminée à la fin de juin 1871, clôt la première série de cette publication.

La deuxième série a commencé le 1er juillet 1871, et depuis cette époque chacune des années de la collection commence à cette date. Des modifications importantes ont été introduites dans ces deux publications.

REVUE POLITIQUE ET LITTÉRAIRE

La *Revue politique* continue à donner une place aussi large à la littérature, à l'histoire, à la philosophie, etc., mais elle a agrandi son cadre, afin de pouvoir aborder en même temps la politique et les questions sociales. En conséquence, elle a augmenté de moitié le nombre des colonnes de chaque numéro (48 colonnes au lieu de 32).

Chacun des numéros, paraissant le samedi, contient régulièrement :

Une *Semaine politique* et une *Causerie politique* où sont appréciés, à un point de vue plus général que ne peuvent le faire les journaux quotidiens, les faits qui se produisent dans la politique intérieure de la France, discussions de l'Assemblée, etc.

Une *Causerie littéraire* où sont annoncés, analysés et jugés les ouvrages récemment parus : livres, brochures, pièces de théâtre importantes, etc.

Tous les mois la *Revue politique* publie un *Bulletin géographique* qui expose les découvertes les plus récentes et apprécie les ouvrages géographiques nouveaux de la France et de l'étranger. Nous n'avons pas besoin d'insister sur l'importance extrême qu'a prise la géographie depuis que les Allemands en ont fait un instrument de conquête et de domination.

De temps en temps une *Revue diplomatique* explique au point de vue français les événements importants survenus dans les autres pays.

On accusait avec raison les Français de ne pas observer avec assez d'attention ce qui se passe à l'étranger. La *Revue* remédie à ce défaut. Elle analyse et traduit les livres, articles,

discours ou conférences qui ont pour auteurs les hommes les plus éminents des divers pays.

Comme au temps où ce recueil s'appelait *la Revue des cours littéraires* (1864-1870), il continue à publier les principales leçons du Collége de France, de la Sorbonne et des Facultés des départements.

Les ouvrages importants sont analysés, avec citations et extraits, dès le lendemain de leur apparition. En outre, la *Revue politique* publie des articles spéciaux sur toute question que recommandent à l'attention des lecteurs, soit un intérêt public, soit des recherches nouvelles.

Parmi les collaborateurs nous citerons :

Articles politiques. — MM. de Pressensé, Ch. Bigot, Ernest Duvergier de Hauranne, Anat. Dunoyer, Anatole Leroy-Beaulieu, Clamageran.

Diplomatie et pays étrangers. — MM. Van den Berg, Albert Sorel, Reynald, Léo Quesnel, Louis Leger.

Philosophie. — MM. Janet, Caro, Ch. Lévêque, Véra, Léon Dumont, Th. Ribot, E. Boutroux, Nolen, Huxley.

Morale. — MM. Ad. Franck, Laboulaye, Jules Barni, Legouvé, Bluntschli.

Philologie et archéologie. — MM. Max Müller, Eugène Benoist, L. Havet, E. Ritter, Maspéro, George Smith.

Littérature ancienne. — MM. Egger, Havet, George Perrot, Gaston Boissier, Geffroy.

Littérature française. — MM. Ch. Nisard, Lenient, L. de Loménie, Édouard Fournier, Bersier, Gidel, Jules Claretie, Paul Albert, A. Feugère.

Littérature étrangère. — MM. Mézières, Büchner, P. Stapfer.

Histoire. — MM. Alf. Maury, Littré, Alf. Rambaud, G. Monod.

Géographie, *Economie politique.* — MM. Levasseur, Himly, Gaidoz, Alglave.

Instruction publique. — Madame C. Coignet, MM. Buisson, Em. Beaussire.

Beaux-arts. — MM. Gebhart, C. Selden, Justi, Schnaase, Vischer, Ch. Bigot.

Critique littéraire. — MM. Maxime Gaucher, Paul Albert.

Ainsi la *Revue politique* embrasse tous les sujets. Elle consacre à chacun une place proportionnée à son importance. Elle est, pour ainsi dire, une image vivante, animée et fidèle de tout le mouvement contemporain.

REVUE SCIENTIFIQUE

Mettre la science à la portée de tous les gens éclairés sans l'abaisser ni la fausser, et, pour cela, exposer les grandes découvertes et les grandes théories scientifiques par leurs auteurs mêmes ;

Suivre le mouvement des idées philosophiques dans le monde savant de tous les pays,

Tel est le double but que la *Revue scientifique* poursuit depuis dix ans avec un succès qui l'a placée au premier rang des publications scientifiques d'Europe et d'Amérique.

Pour réaliser ce programme, elle devait s'adresser d'abord aux Facultés françaises et aux Universités étrangères qui comptent dans leur sein presque tous les hommes de science éminents. Mais, depuis deux années déjà, elle a élargi son cadre afin d'y faire entrer de nouvelles matières.

En laissant toujours la première place à l'enseignement supérieur proprement dit, la *Revue scientifique* ne se restreint plus désormais aux leçons et aux conférences. Elle poursuit tous les développements de la science sur le terrain économique, industriel, militaire et politique.

Elle publie les principales leçons faites au Collége de France, au Muséum d'histoire naturelle de Paris, à la Sorbonne, à l'Institution royale de Londres, dans les Facultés de France, les universités d'Allemagne, d'Angleterre, d'Italie, de Suisse, d'Amérique, et les institutions libres de tous les pays.

Elle analyse les travaux des Sociétés savantes d'Europe et d'Amérique, des Académies des sciences de Paris, Vienne, Berlin, Munich, etc., des Sociétés royales de Londres et d'Édimbourg, des Sociétés d'anthropologie, de géographie, de chimie, de botanique, de géologie, d'astronomie, de médecine, etc.

Elle expose les travaux des grands congrès scientifiques, les Associations *française, britannique* et *américaine*, le Congrès des naturalistes allemands, la Société helvétique des sciences naturelles, les congrès internationaux d'anthropologie préhistorique, etc.

Enfin, elle publie des articles sur les grandes questions de philosophie naturelle, les rapports de la science avec la politique, l'industrie et l'économie sociale, l'organisation scientifique des divers pays, les sciences économiques et militaires, etc.

Parmi les collaborateurs nous citerons :

Astronomie, météorologie. — MM. Le Verrier, Faye, Balfour-Stewart, Janssen, Normann Lockyer, Vogel, Laussedat, Thomson, Rayet, Secchi, Briot, A. Herschel, etc.

Physique. — MM. Helmholtz, Tyndall, Desains, Mascart, Carpenter, Gladstone, Becquerel, Cazin, Fernet, Bertin.

Chimie. — MM. Wurtz, Berthelot, H. Sainte-Claire Deville, Pasteur, Grimaux, Jungfleisch, Odling, Dumas, Troost, Peligot, Cahours, Friedel, Frankland.

Géologie. — MM. Hébert, Bleicher, Fouqué, Gaudry, Ramsay, Sterry-Hunt, Contejean, Zittel, Wallace, Lory, Lyell, Daubrée.

Zoologie. — MM. Agassiz, Darwin, Haeckel, Milne Edwards, Perrier, P. Bert, Van Beneden, Lacaze-Duthiers, Giard, A. Moreau, E. Blanchard,

Anthropologie. — MM. Broca, de Quatrefages, Darwin, de Mortillet, Virchow, Lubbock, K. Vogt.

Botanique. — MM. Baillon, Cornu, Faivre, Spring, Chatin, Van Tieghem, Duchartre.

Physiologie, anatomie. — MM. Claude Bernard, Chauveau, Charcot, Moleschott, Onimus, Ritter, Rosenthal, Wundt, Pouchet, Ch. Robin, Vulpian, Virchow, P. Bert, du Bois-Reymond, Helmholtz, Marey, Brücke.

Médecine. — MM. Chauffard, Chauveau, Cornil, Gubler, Le Fort, Verneuil, Broca, Liebreich, Lasègue, G. Sée, Bouley, Giraud-Teulon, Bouchardat, Lépine.

Sciences militaires. — MM. Laussedat, Le Fort, Abel, Jervois, Morin, Noble, Reed, Usquin, X***.

Philosophie scientifique. — MM. Alglave, Bagehot, Carpenter, Léon Dumont, Hartmann, Herbert Spencer, Lubbock, Tyndall, Gavarret, Ludwig, Ribot

Prix d'abonnement :

Une seule Revue séparément	Six mois.	Un an.	Les deux Revues ensemble	Six mois.	Un an.
Paris	12f	20f	Paris	20f	36f
Départements.	15	25	Départements.	25	42
Étranger....	18	30	Étranger....	30	50

L'abonnement part du 1er juillet, du 1er octobre, du 1er janvier et du 1er avril de chaque année.

Chaque volume de la première série se vend : broché...... 15 fr.
relié........ 20 fr.

Chaque année de la 2e série, formant 2 vol., se vend : broché.. 20 fr.
relié.... 25 fr.

Port des volumes à la charge du destinataire.

Prix de la collection de la première série :

Prix de la collection complète de la *Revue des cours littéraires* ou de la *Revue des cours scientifiques* (1864-1870), 7 vol. in-4. 105 fr.

Prix de la collection complète des deux *Revues* prises en même temps, 14 vol. in-4................................... 182 fr.

Prix de la collection complète des deux séries :

Revue des cours littéraires et *Revue politique et littéraire*, ou *Revue des cours scientifiques* et *Revue scientifique* (décembre 1863 — janvier 1877), 18 vol. in-4 .... 215 fr.

La *Revue des cours littéraires* et la *Revue politique et littéraire*, avec la *Revue des cours scientifiques* et la *Revue scientifique*. 36 volumes in-4 .... 382 fr.

9454. — PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.